KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

KURIKULUM 2013

SEMESTER 4

Pembuatan komponen instrumen logam





KELAS

X

PENULIS

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi pengetahuan, keterampilan dan sikap secara utuh. Proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai suatu kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut.

Buku ini disusun untuk dipergunakan dalam proses pembelajaran pada mata pelajaran Pembuatan Komponen Instrumen Logam yang merupakan Mata Pelajaran Paket Keahlian Teknik Instrumentasi Logam, Program Keahlian Teknik Instrumentasi Industri, Bidang Keahlian Teknologi Dan Rekayasa, Sekolah Menengah Kejruan. Dalam penyusunannya Buku ini terdiri dari Empat jilid, dimana jilid 1 dipergunakan untuk pembelajaran siswa di kelas XI semester Tiga, jilid 2 dipergunakan untuk pembelajaran siswa di kelas XI semester Empat, jilid 3 dipergunakan untuk pembelajaran siswa di kelas XII semester Lima, jilid 4 dipergunakan untuk pembelajaran siswa di kelas XII semester Enam.

Sesuai dengan konsep Kurikulum 2013, buku ini disusun mengacu pada pembelajaran menggunakan pendekatan saintifik untuk menemukan konsep yang sedang dipelajar melalui deduksi. Karenanya siswa diusahakan ditumbuhkan kreatifitasnya melalui bimbingan oleh guru. Materi Pembuatan Komponen Instrumen Logam disusun secara terpadu dan utuh, sehingga setiap pengetahuan, keterampilan dan sikap yang diajarkan, pembelajarannya harus dilanjutkan sampai membuat siswa kompeten sehingga menjadi landasan yang kuat untuk melanjutkan proses pembelajaran pada mata pelajaran paket keahlian. Pada akhirnya diharapkan siswa menyadari bahwa berbagai upaya dan teknologi yang dicipta manusia memiliki limit keterbatasan, sedangkan Tuhan Yang Maha Esa adalah maha sempurna. Siswa sebagai makhluk dapat mensyukuri terhadap potensi yang diberikan Tuhan kepadanya dan anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yangbertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan yang dipergunakan dalam Kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dengan ketersediaan kegiatan pada buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan dengan kompetensi keahian yang ditekuni siswa serta kondisi lingkungan sekolah.

Sebagai edisi pertama, buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

................, November 2013

DAFTAR ISI

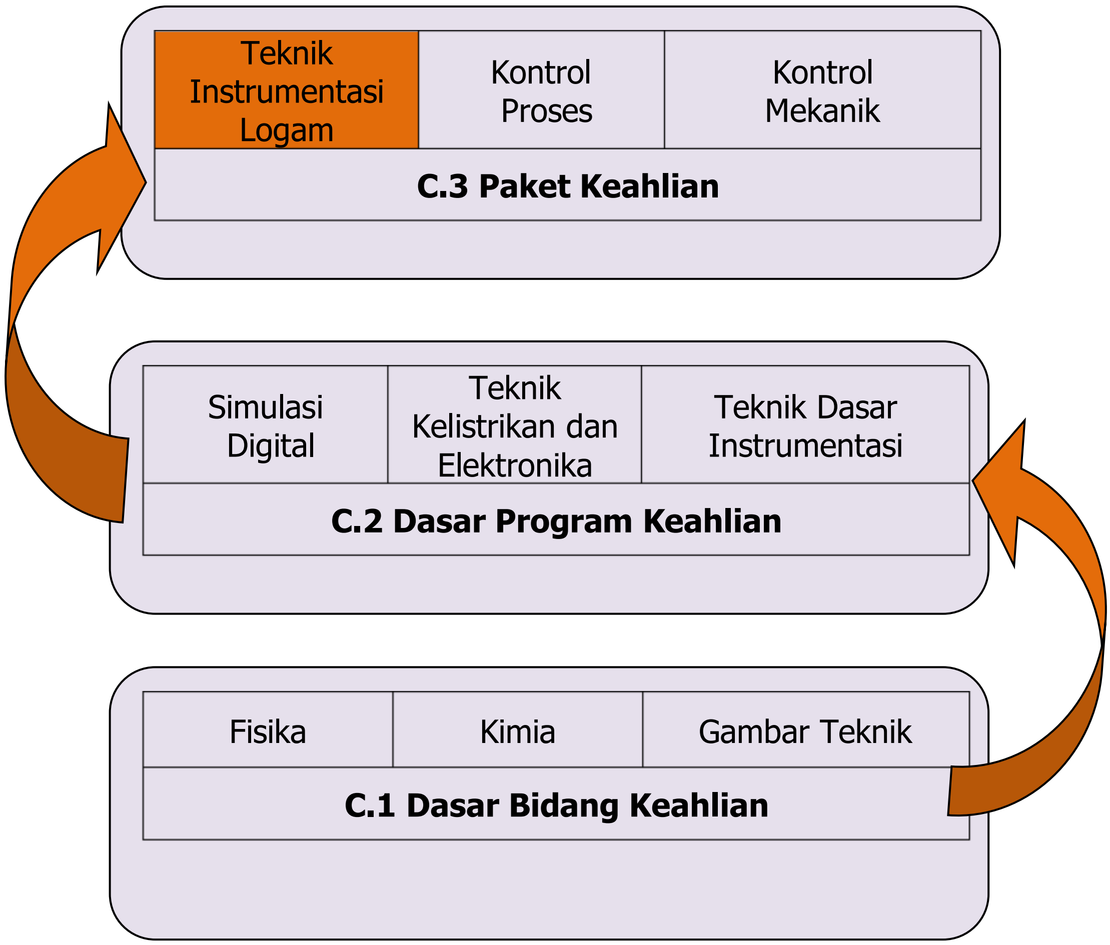
Bab 3 Pembuatan Komponen Instrumen Logam Menggunakan Mesin Frais

Bab 4 Dasar Mesin CNC

Peta Kedudukan Bahan Ajar

Peta kedudukan bahan ajar ini merupakan diagram,yang menunjukan tahapan atau tata urutan pencapaian kompetensi yang diajarkan dan dilatihkan kepada siswa, dalam kurun waktu yang dibutuhkan.

Dengan membaca peta kedudukan bahan ajar ini, dapat dilihat urutan logis pembelajaran Bidang Keahlian Teknologi Dan RekayasaProgram KeahlianTeknik Instrumentasi Industri. Guru dan siswa dapat menggunakanBuku Teks Bahan Ajar Siswa ini, sesuai dengan urutan pada diagram ini.



Glosarium

Instrumentasi : Seperangkat instrumen atau alat yang digunakan untuk mengontrol, memanipulasi, mengukur, menunjukan atau menghitung nilai suatu variabel proses.

Logam : Adalah mineral yang tidak tembus pandang dan dapat menghantarkan aliran panas atau aliran listrik

Poros : Bagian stasioner yang beputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley, flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya.

Proses frais (milling) : proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pisau ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk.

Proses pembubutan merupakan proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan kepada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan benda kerja disebut dengan gerak potong relative sedangkan gerakan pahat disebut gerak umpan

Roda gigi : Salah satu bentuk transmisi yg mempunyahi fungsi mentransmisikan gaya, membalikan putaran, mereduksi atau menaikkan putaran/kecepatan.

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Pembuatan Komponen Instrumen Logam ini digunakan sebagai buku sumber pada kegiatan belajar untuk pencapaian kompetensi siswa pada Mata Pelajaran Paket Keahlian Teknik Instrumentasi Logam, Program Keahlian Teknik Instrumentasi Industri, Bidang Keahlian Teknologi Dan Rekayasa, Sekolah Menengah Kejruan.

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Pembuatan Komponen Instrumen Logam terdiri atas 4 jilid buku. Buku Pembuatan Komponen Instrumen Logam jilid 2 digunakan untuk pembelajaran Kelas XI semester 2. Pada buku jilid 2 ini dibahas materi belajar yang meliputi;

1. Memahami mesin bubut untuk pembuatan instrument logam
2. Menggunakan mesin bubut untuk pembuatan instrument logam
3. Memahami mesin frais untuk pembuatan instrument logam
4. Menggunakan mesin frais untuk pembuatan instrument logam

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Pembuatan Komponen Instrumen Logam disusun berdasarkan penguasaan konsep dan prinsip serta keterampilan teknis keahlian sehingga setelah mempelajari buku ini, siswa memiliki penguasaan pelaksanaan pekerjaan instrumentasi logam.

B. Prasyarat

Kemampuan awal Siswa sebelum mempelajari Buku Teks Bahan Ajar Siswa "Pembuatan Komponen Instrumen Logam" yaitu siswa telah memahami :

1. Gambar Teknik
2. Menggunakan perkakas tangan
3. Simulasi Digital
4. Teknik Dasar Instrumentasi
5. Pembuatan komponen instrumentasi logam 1

C. Petunjuk Penggunaan

1. Petunjuk penggunaan bagi Siswa :

a. Siswa diharapkan telah memahami mata pelajaran atau materi yang menjadi prasarat pembelajaran modul ini.
b. Lakukan kegiatan pembelajaran secara berurutan dari Bab 1 ke Bab berikutnya.
c. Rencanakan kegiatan belajar bersama guru, dan isilah pada kolom yang disiapkan pada tabel rencana pembelajaran.
d. Pelajari dan pahami setiap uraian materi dengan seksama.
e. Lakukan kegiatan yang diberikan pada uraian materi pembelajaran, kegiatan tersebut dirancang dalam bentuk; eksplorasi, diskusi,asosiasi, dan evaluasi hasil belajar pada setiap akhir bab.
f. Kegiatan praktik kejuruan dilaksanakan dalam bentuk latihan keterampilan, kerjakan latihan tersebut dibawah pengawasan guru.

g. Persiapkan alat dan bahan yang digunakan pada setiap pembelajaran untuk menyelesaikan tugas dan evaluasi hasil belajar
h. Lakukan setiap kegiatan dengan tekun, teliti dan hati-hati dengan menerapkan kesehatan dan keselamatan kerja.
i. Jawablah soal evaluasi pada bagian review, penerapan dan tugas sesuai perintah yang diberikan.
j. Uji kompetensi kejuruan adalah tugas proyek untuk mengevaluasi capaian keterampilan siswa, kerjakan uji kompetensi sesuai petunjuk.
k. Siswa dinyatakan tuntas menyelesaikan materi pada bab terkait, jika siswa menyelesaikan kegiatan yang ditugaskan dan menyelesaikan kegiatan evaluasi dengan nilai minimal sama dengan KKM (Kriteria Kelulusan Minimal).

2. Peran Guru:

a. Merencanakan kegiatan pembelajaran siswa sesuai silabus.
b. Mengarahkan siswa dalam merencanakan proses belajar
c. Memfasilitasi siswa dalam memahami konsep dan praktik.
d. Memberikan motivasi, membimbing dan mengarahkan siswa dalam melakukan kegiatan pembelajaran.
e. Menekankan, selalu mengecek dan memfasilitasi penggunaan K3 sesuai kegiatan yang dilaksanakan.
f. Mengembangkan materi pembelajaran yang disesuaikan dengan kondisi siswa dan lingkungan sekolah.
g. Memberikan contoh, memandu dan melakukan pengawasan pelaksanaan tugas siswa yang berkaitan dengan pembelajaran praktik di laboratorium atau bengkel kerja.
h. Membantu Siswa untuk menetukan dan mengakses sumber belajar lain yang diperlukan untuk kegiatan pembelajaran.
i. Merencanakan seorang ahli/pendamping guru dari tempat kerja/industri untuk membantu jika diperlukan

j. Menyusun variasi kegiatan siswa, soal, latihan praktik dan uji kompetensi yang disesuaikan dengan kondisi siswa dan lingkungan sekolah.
k. Merencanakan proses penilaian dan menyiapkan perangkatnya
l. Memeriksa seluruh hasil pekerjaan siswa baik berupa hasil pelaksanaan kegiatan maupun jawaban dari evaluasi belajar dan uji kompetensi.
m. Mencatat dan melaporkan pencapaian kemajuan Siswa kepada yang berwenang.

D. Tujuan Akhir

Hasil akhir dari seluruh kegiatan belajar dalam buku teks bahan ajar siswa ini adalah Siswa;

1. Mampu memahami karakteristik mesin bubut untuk pembuatan instrument logam
2. Mampu menggunakan mesin bubut untuk pembuatan instrument logam
3. Mampu memahami karakteristik mesin frais untuk pembuatan instrument logam
4. Mampu menggunakan mesin frais untuk pembuatan instrument logam

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

BIDANG KEAHLIAN : TEKNOLOGI DAN REKAYASA
PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK INSTRUMENTASI INDUSTRI
MATA PELAJARAN : TEKNIK DASAR INSTRUMENTASI

KELAS XI

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1. Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama dalam melaksanakan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrumen logam
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1. Memiliki motivasi internal, kemampuan bekerjasama, konsisten, rasa percaya diri, dan sikap toleransi dalam perbedaan konsep berpikir, dan strategi menyelesaikan masalah dalam melaksanakan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrument logam 2.2. Mampu mentransformasi diri dalam berperilaku: teliti, kritis, disiplin, dan tangguh mengadapi masalah dalam melakukan tugas di bidang pembuatan komponen instrumen logam 2.3. Menunjukkan sikap bertanggung jawab, rasa ingin tahu, santun, jujur, dan perilaku peduli lingkungan dalam melakukan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrumen logam
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang	3.1. Mendeskripsikan Prinsip Dasar Mekanika Teknik pada Pembuatan Komponen Instrumen Logam 3.2. Mendeskripsikan komponen mekanik pada instrumen logam 3.3. Mendeskripsikan K3 pada pembuatan komponen instrumen logam 3.4. Mendeskripsikan mesin perkakas untuk pembuatan komponen instrumen logam 3.5. Mengidentifikasi perlengkapan mesin perkakas dalam pembuatan instrumen

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	logam 3.6. Mengidentifikasi alat bantu mesin perkakas dalam pembuatan instrumen logam 3.7. Mengidentifikasi bahan untuk pembuatan komponen instrumen logam 3.8. Mengidentifikasi gambar kerja pembuatan Komponen Instrumen Logam 3.9. Mengidentifikasi pembuatan komponen instrumen logam dengan Mesin perkakas 3.10. Mengidentifikasi pengendalian mutu
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	4.1 Menerapkan Prinsip Dasar Mekanika Teknik pada Pembuatan Komponen Instrumen Logam 4.2 Menggunakan komponen mekanik pada instrumen logam 4.3 Melaksanakan K3 pada pembuatan komponen instrumen logam 4.4 Menggunakan mesin perkakas untuk pembuatan komponen instrumen logam 4.5 Menggunakan perlengkapan mesin perkakas dalam pembuatan instrumen logam 4.6 Menggunakan alat bantu mesin perkakas dalam pembuatan instrumen logam 4.7 Mengggunakan bahan untuk pembuatan komponen instrumen logam 4.8 Membaca gambar kerja pembuatan komponen instrumen logam 4.9 Membuat komponen instrumen logam dengan Mesin perkakas 4.10 Melaksanakan prosedur pengendalian mutu

KELAS XII

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.2. Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama dalam melaksanakan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrumen logam
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.4. Memiliki motivasi internal, kemampuan bekerjasama, konsisten, rasa percaya diri, dan sikap toleransi dalam perbedaan konsep berpikir, dan strategi menyelesaikan masalah dalam melaksanakan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrumen LogamMampu mentransformasi diri dalam berperilaku: teliti, kritis, disiplin, dan tangguh mengadapi masalah dalam melakukan tugas di bidang Pembuatan Komponen Instrumen Logam. Menunjukkan sikap bertanggung jawab, rasa ingin tahu, santun, jujur, dan perilaku peduli lingkungan dalam melakukan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrumen logam
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.11. Mendeskripsikan mesin perkakas untuk pembuatan komponen instrumen logam 3.12. Mengidentifikasi perlengkapan mesin perkakas dalam pembuatan instrumen logam 3.13. Mengidentifikasi alat bantu mesin perkakas dalam pembuatan instrumen logam 3.14. Mengidentifikasi bahan untuk pembuatan komponen instrumen logam 3.15. Mengidentifikasi gambar kerja pembuatan Komponen Instrumen Logam 3.16. Mengidentifikasi pembuatan komponen instrumen logam dengan Mesin perkakas 3.17. Mengidentifikasi pengendalian mutu
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah	4.11 Menerapkan Prinsip Dasar Mekanika Teknik pada Pembuatan Komponen Instrumen Logam 4.12 Menggunakan komponen mekanik pada instrumen logam

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	4.13 Melaksanakan K3 pada pembuatan komponen instrumen logam 4.14 Menggunakan mesin perkakas untuk pembuatan komponen instrumen logam 4.15 Menggunakan perlengkapan mesin perkakas dalam pembuatan instrumen logam 4.16 Menggunakan alat bantu mesin perkakas dalam pembuatan instrumen logam 4.17 Mengggunakan bahan untuk pembuatan komponen instrumen logam 4.18 Membaca gambar kerja pembuatan komponen instrumen logam 4.19 Membuat komponen instrumen logam dengan Mesin perkakas 4.20 Melaksanakan prosedur pengendalian mutu
3 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	3.1 Menciptakan gambar kerja komponen instrumen logam menggunakan AutoCAD 2D 3.2 Menciptakan gambar kerja komponen instrumen logam menggunakan AutoCAD 3D 3.3 Melaksanakan K3 pada pembuatan komponen instrumen logam dengan mesin NC/CNC 3.4 Menggunakan mesin NC/CNC untuk pembuatan komponen instrumen logam 3.5 Menggunakan perlengkapan dalam pembuatan instrumen logam NC/CNC 3.6 Mengggunakan bahan untuk pembuatan komponen instrumen logam menggunakan mesin NC/CNC 3.7 Membuat komponen instrumen logam dengan Mesin NC/CNC

F. Cek Kemampuan Awal

Berilah tanda silang (x) pada tabel dibawah ini, dengan pilihan "ya" atau "tidak" dengan sikap jujur dan dapatdipertanggungjawabkan untuk mengetahui kemampuan awal yang telah Kamu (Siswa) miliki.

No	Kompetensi Dasar	Pernyataan	Dapat Melakukan Pekerjaan Dengan Kompeten		Jika "Ya" Kerjakan
			Ya	Tidak	
1	• Memahami karakteristik mesin bubut untuk pembuatan instrument logam • Menggunakan mesin bubut untuk pembuatan instrument logam	• Mampu memahami karakteristik mesin bubut untuk pembuatan instrument logam • Mampu menggunakan mesin bubut untuk pembuatan instrument logam			Evaluasi Belajar Bab 2
2	• Memahami karakteristik mesin frais untuk pembuatan instrument logam • Menggunakan mesin frais untuk pembuatan instrument logam	• Mampu memahami karakteristik mesin frais untuk pembuatan instrument logam • Mampu menggunakan mesin frais untuk pembuatan instrument logam			Evaluasi Belajar Bab 3

BAB 2

Pembuatan Komponen Instrumen Logam Menggunakan Mesin Bubut Manual

KATA KUNCI:

- Pahat
- Arbor
- Chuck
- Toleransi
- Bubut Ulir
- Bubut Tirus
- Bubut Panjang
- Bubut Eksentrik
- Bubut Tidak Beraturan

Deskripsi

Komponen instrument logam meliputi banyak jenis komponen yang dapat dibuat dengan menggunakan mesin bubut konvensional. Pada bab ini akan dijelaskan proses pembuatan komponen instrument logam dengan mesin bubut, melanjutkan materi yang telah dibahas pada buku jilid 1. Materi yang dibahas pada bab ini meliputi persiapan pekerjaan, pemilihan alat potong, dan kerja bubut lanjut untuk pembuatan instrument logam.

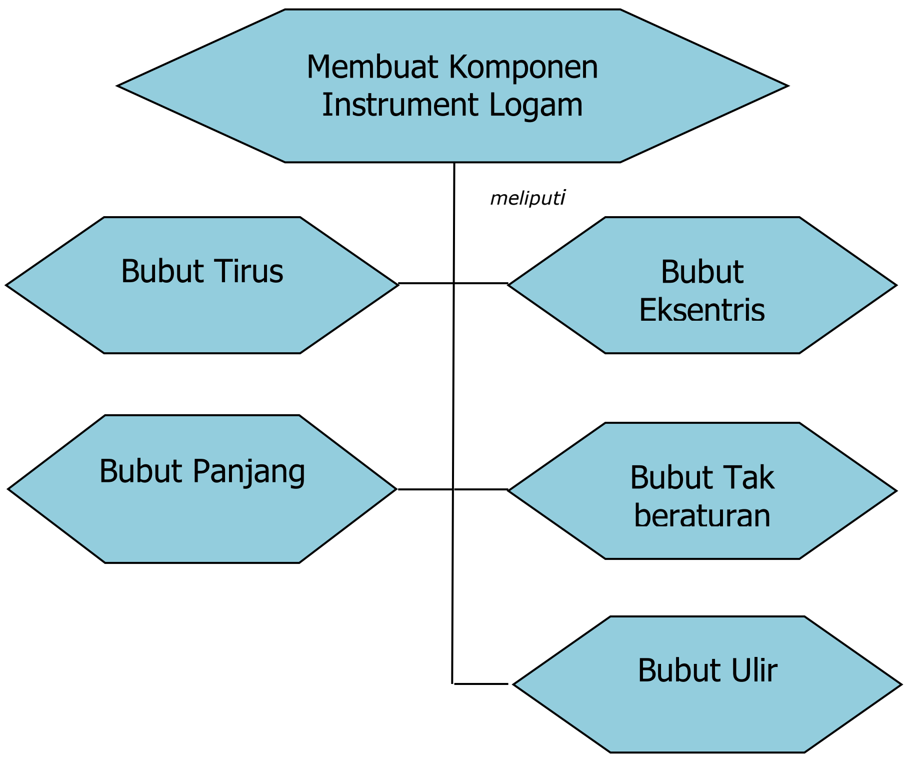
Diharapkan setelah mempelajari materi ini Kamu mampu membuat komponen instrument logam dengan membubut tirus, eksentris, benda kerja panjang dan benda kerja tak beraturan, serta membubut ulir.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab ini, Kamu diharapkan dapat;

1. Mampu menerapkan K3 pada operasi mesin bubut
2. Mampu merancang komponen instrumen logam yang akan dikerjakan
3. Mampu memilih dan menggunakan mesin bubut dan perlengkapannya untuk pembuatan komponen instrumentasi logam

Peta Konsep



Rencana Belajar Siswa

Pada hari ini, ... tanggal ....tahun .... Guru beserta siswa merencanakan pelaksanaan kegiatan belajar sebagaimana tabel di bawah ini

No	Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Catatan Perubahan
1	menerapkan K3 pada operasi mesin bubut				
2	memilih dan menggunakan perlengkapan mesin bubut				
3	Membuat komponen instrument logam dengan bubut tirus				
4	Membuat komponen instrument logam dengan bubut eksentris				
5	Membuat komponen instrument logam dengan bubut kerja panjang				
6	Membuat komponen instrument logam dengan bubut benda kerja tak beraturan				
7	Membuat komponen instrument logam dengan bubut ulir.				

............................, ...

Guru	Orangtua/Wali Siswa	Siswa
....	....	....

Uraian Materi

Pembuatan Komponen Instrumen Logam Menggunakan Mesin bubut

A. Persiapan kerja

Mesin bubut adalah salah satu jenis mesin perkakas yang menggunakan prinsip dasar pemotongan logam. Bekerja dengan mesin bubut memerlukan persyaratan kerja, persiapan kerja, dan peralatan kerja. Persyaratan kerja, yaitu kondisi yang disesuaiakn dengan mesin, benda kerja dan operatornya. Beberapa persyaratan tersebut antara lain;

a. Kondisi mesin, mesin bubut harus siap digunakan artinya spindle dapat berputar. Putaran spindel atau sumbu utama mesin bubut akan memutarkan kepala tetap sehingga benda kerja pada kepala tetap memungkinkan untuk dipotong atau disayat.
b. Eretan atas sebagai tempat pahat, harus mudah digerakan agar kedalaman pemotongan dapat diatur. Eretan bawah dengan gerakan translasi sejajar sumbu utama harus mudah digerakkan agar gerakan pemakanan benda kerja dapat dilaksanakan dengan baik. Pompa pendingin (coolant) harus dapat bekerja dengan baik.
c. Benda kerja, hasil bubutan berbentuk silinder baik silinder luarmaupun silinder dalam. Ukuran panjang benda kerja harussesuai dengan panjang meja mesin bubut, sedangkan diameterbenda kerja harus sesuai dengan ketinggian sumbu utamaterhadap permukaan meja mesin bubut.

Persiapan kerja, yaitu kegiatan menyiapkan, penyetelan, pemasangan, dan pemeriksaan. Kegiatan menyiapkan yaitu menyiapkan alat bantu bubut (kunci pas, kunci L, palu plastik, kikir). Kegiatan penyetelan yaitu penyetelan putaran spindel yang disesuaikan dengan jenis bahan benda kerja. Kegiatan pemasangan antara lain, pemasangan kepala tetap maupun collet termasuk face plate disesuaikan dengan tujuan pembubutan dan bentuk benda kerjanya. Pemasangan kepala lepas

termasuk penyangga tetap dan jalan disesuaikan dengan panjang benda kerjanya. Pemasangan pahat bubut termasuk penyetelan ketinggian mata pahat disesuaiakn dengan tujuan pembubutannya. Pamasangan benda kerja pada kepala tetap maupun pada alat penjepit (klemping) yang lain, harus meredam getaran sesuai derajat kebebasan yang diinginkan. Kegiatan pemeriksaan yaitu pemeriksaan kesatu sumbuan antara kepala tetap dan kepala lepas.

Peralatan kerja, yaitu memilih alat kerja bubut sesuai dengan kondisi benda kerja yang akan dibubut. Beberapa peralatan yang harus disediakan untuk bubut komplek dibedakan menjadi dua kelompok yaitu,

a. Kelompok alat potong, antara lain; pahat bubut, pahat ulir, senter bor, mata bor, reamer, pisau kartel.
b. Kelompok alat ukur, antara lain; jangka sorong, dial indikator, jangka luar dan dalam, mikrometer luar dan dalam, plug dan snap gauge.

Tugas 1

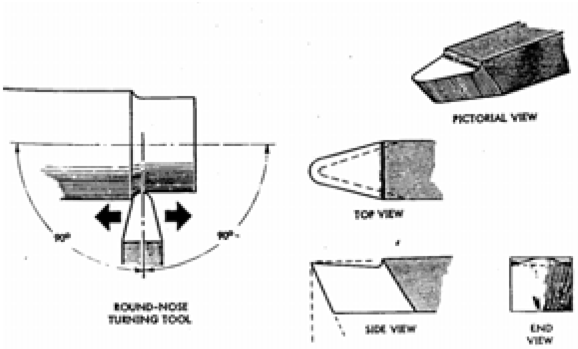
1. Identifikasi pada pekerjaan pembubutan, kecelakaan apa saja yang dapat terjadi ?
2. Sebutkan Alat pelindung diri yang harus digunakan pada saat pekerjaan pembubutan?
3. Amati dan catat spesifikasi mesin bubut yang ada di bengkel - bengkel mesin baik di industri maupun di bengkel sekolah atau pelatihan.

B Pemilihan Alat Potong

Alat potong untuk kerja bubut komplek sama dengan alat potong kerja bubut dasar, hanya ditambah beberapa alat potong untuk bubut ulir, bubut silinder dalam dan pembentukan. Beberapa tambahan alat potong tersebut antara lain:

1) Pahat bentuk

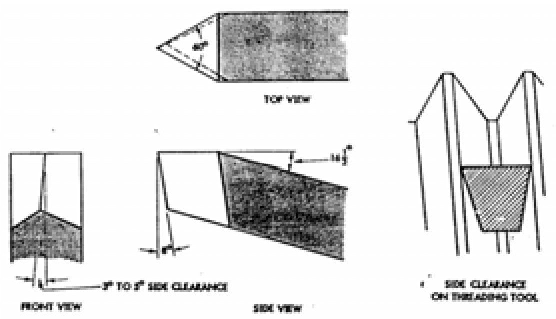
Pahat bentuk digunakan untuk membentuk benda kerja sesuai bentuk permukaan yang diharapkan, salah satu contohnya adalah pahat yang ujungnya beradius. Pahat bentuk yang lain adalah berbentuk pesegi, biasanya untuk membuat alur pada benda silinder.



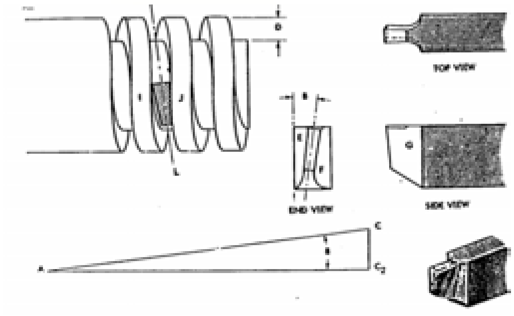
Gambar 2.1 : Pahat bentuk radius

2) Pahat Ulir

Pahat ulir digunakan untuk membuat ulir, baik ulir tunggal maupun ganda. Bentuk pahat ulir harus sesuai dengan bentuk ulir yang diinginkan. Untuk itu diperlukan pengasahan pahat sesuai dengan mal ulirnya. Pahat ulir tidak mermpunyai sudut tatal, permukaannya rata dengan ujung beradius sesuai radius kaki ulir yang besarnya tergantung besar kisar ulirnya. Di bawah ini ilustrasi pahat ulir segi tiga dan ulir segi empat.



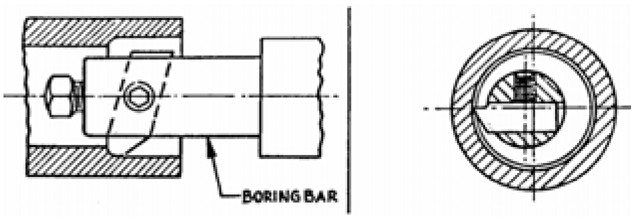
Gambar 2.2 : Pahat ulir segi tiga



Gambar 2.3 : Pahat ulir segi empat.

3) Pahat dalam

Pahat dalam digunakan untuk membubut bagian dalam silinderatau membuat lubang sejajar sumbu. Pahat dalam baik untuk bubut rata maupun ulir memerlukan batang pemegang yang ukuran diameternya lebih kecil dibanding diameter dalam dari lubang yang dibuat.



Gambar 2.4: Pahat dalam

Tugas 2

1. Identifikasi peralatan ukur yang digunakan untuk membantu pekerjaan pembubutan, jelaskan fungsinya.
2. Identifikasi berbagai jenis bentuk pahat yang tersedia di bengkel bubut, amati setiap perbedaan bentuknya. Jelaskan fungsi penggunaan pahat bubut tersebut.

C. Menerapkan Keselamatan Kerja Pada Pekerjaan Pembubutan

Pada pembelajaran sebelumnya kamu telah mengetahui berbagi hal terkait K3. Pada pelaksanaan pembelajaran ini sangat penting untuk menerapkan prosedur K3 ditempat kerja. Bidang pekerjaan maupun tempat kerja bermacam-macam, oleh karena itu masing-masing bidang pekerjaan memerlukan prosedur penerapan K3 yang berbeda. Namun demikian terdapat beberapa prinsip dasar penerapan K3 yang berlaku secara umum. Salah satu aspek yang perlu diketahui adalah pengetahuan tentang alat-alat pelindung diri.Pemakaian alat pelindung diri atau pekerja perlu disesuaikan dengan jenis pekerjaannya.Misalnya alat pelindung kepala bagi pekerja proyek bangunan dengan operator mesin bubut akan lain, demikian juga kaca mata bagi opertor mesin bubut tentu lain dengan kaca mata bagi operator las.Secara umum,berbagai alat pelindung diri bagi pekerja meliputi:

a. Alat pelindung kepala (berbagai macam topi, helm)
b. Alat pelindung muka dan mata (berbagai jenis kaca mata)
c. Alat pelindung telinga (berbagai macam tutup telinga)
d. Alat pelindung hidung (berbagai macam masker)
e. Alat pelindung kaki (berbagai macam sepatu)
f. Alat pelindung tangan (berbagai macam sarung tangan)
g. Alat pelindung badan (apron, *wearpack*, baju kerja)

Biasanya tiap perusahaan/industri mempunyai model, warna pakaian kerja, serta alat pelindung diri lain yang sudah ditentukan oleh masing-masing perusahaan. Seorang pekerja tinggal mengikuti peraturan pemakaian pakaian kerja serta alat pelindung diri yang sudah ditentukan perusahaan.

Perlu mendapatkan penekanan adalah kesadaran dan kedisiplinan pekerja untuk memakai pakaian dan alat-alat peindung diri tersebut.Kadang-kadang pekerja enggan memakai alat pelindung diri karena merasa kurang nyaman atau tidak bebas.Hal ini dapat berakibat

fatal.Pekerja tidak menyadari akibat atau dampak yang terjadi apabila terjadi kecelakaan kerja.

Semua operator mesin bubut harus selalu sadar akan bahaya keamanan yang berhubungan dengan penggunaan mesin bubut, serta harus mengetahui tindakan keselamatan semua untuk menghindari kecelakaan dan cedera. Kecerobohan dan kelalayan merupakan dua ancaman besar bagi keselamatan pribadi. bahaya lain dapat bersumber dari mekanis terkait untuk bekerja dengan mesin bubut, seperti putaran mesin, percikan api dan bram/ hasil penyayatan.

Beberapa tindakan pencegahan keselamatan penting untuk diikuti jika menggunakan mesin bubut adalah:

a. Pakaian kerja yang benar
b. Tidak menggunakan cincin dan jam tangan
c. Gunakan pakaian lengan pendek atau jika panjang lengan baju di gulung di atas siku
d. Gunakan sarung tangan, kaca mata pengaman dan alat pelindung diri lainnya.
e. Tidak memelihara rambut yang panjang, jika panjang rambut agar di ikat
f. Matikan mesin jika melakukan penyetelan atau penyesuaian lainnya.
g. Jangan mengubah kecepatan mesin bubut spindle sampai mesin berhenti sama sekali.
h. Menangani ketajaman pemotong, posisi senter pada pemasangan dan kekuatan pemasangan pahat.
i. Menangani chuck dengan hati-hati dan melindungi bubut dengan balok kayu ketika memasang sebuah chuck.
j. Memasang benda kerja dengan benar

TUGAS KELOMPOK

Lakukan kunjungan ke bengjel bubut atau industry yang menggunakan mesin bubut sebagai alat produksinya. Lakukan pengamatan oleh kalian terkait hal penerapan kesehatan dan keselamatan kerjanya.

Nama Bengkel : ……………………………………….

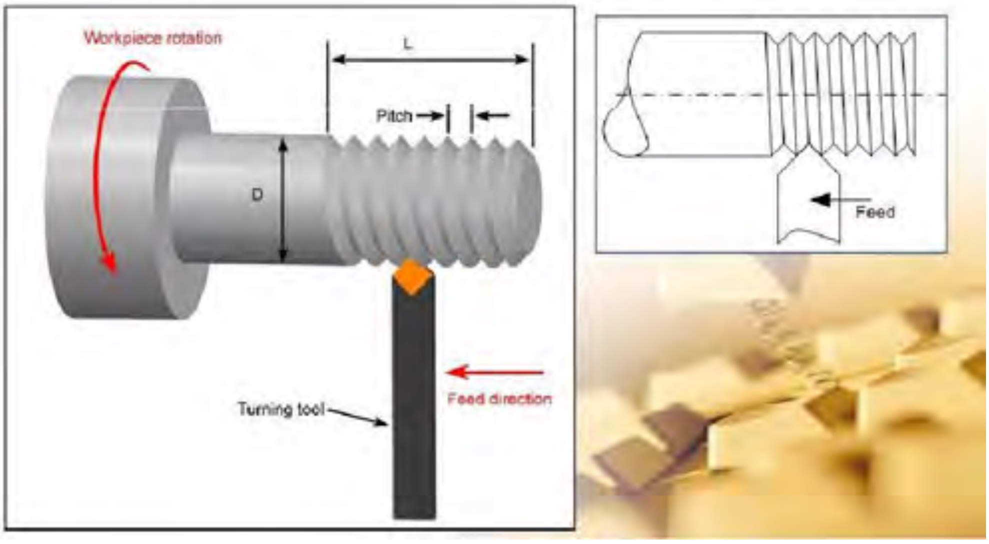
No	Uraian Pengamatan	Kesimpulan Pengamatan
1	Jenis mesin bubut yang digunakan (Spesifikasi)	
2	Jumlah pekerja	

D. Teknik Pembubutan

1. Membubut ulir

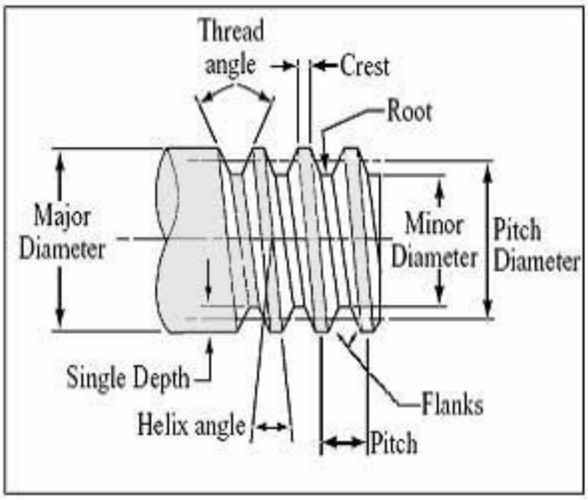
Proses Membubut Ulir

Proses pembuatan ulir bisa dilakukan pada Mesin Bubut. Prosesnya dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pembubutan Ulir

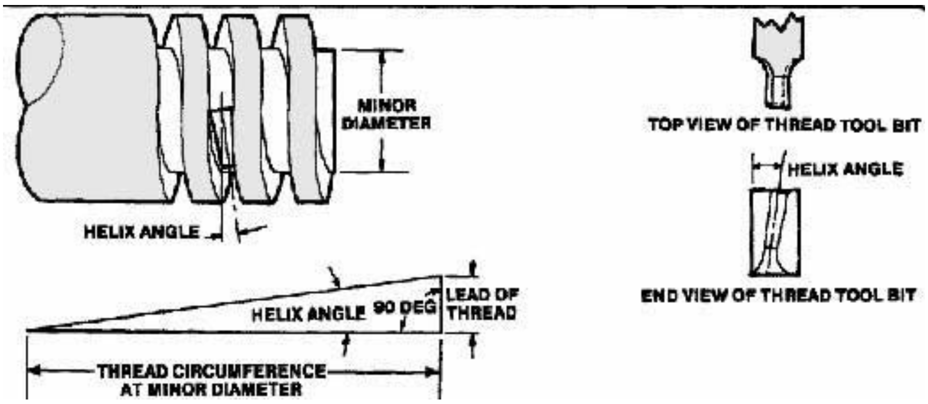
Pada Mesin Bubut konvensional (manual) proses pembuatan ulir kurang efisien, karena pengulangan pemotongan harus dikendalikan secara manual, sehingga proses pembubutan lama dan hasilnya kurang presisi. Dengan Mesin Bubut yang dikendalikan CNC proses pembubutan ulir menjadi sangat efisien dan efektif, karena sangat memungkinkan membuat ulir dengan kisar (*pitch*) yang sangat bervariasi dalam waktu relatif cepat dan hasilnya presisi. Nama- nama bagian ulir segi tiga dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Nama-nama bagian ulir.

Ulir segi tiga bisa berupa ulir tunggal atau ulir ganda. Pahat yang digunakan untuk membuat ulir segi tiga ini adalah pahat ulir yang sudut ujung pahatnya sama dengan sudut ulir atau setengah sudut ulir. Untuk ulir Metris sudut ulir adalah 60º, sedangkan ulir *Whitwoth* sudut ulir 55º. Identifikasi ulir biasanya ditentukan berdasarkan diameter mayor dan kisar ulir (Tabel 5.6.). Misalnya ulir M5x0,8 berarti ulir metris dengan diameter mayor 5 mm dan kisar (*pitch*) 0,8 mm.

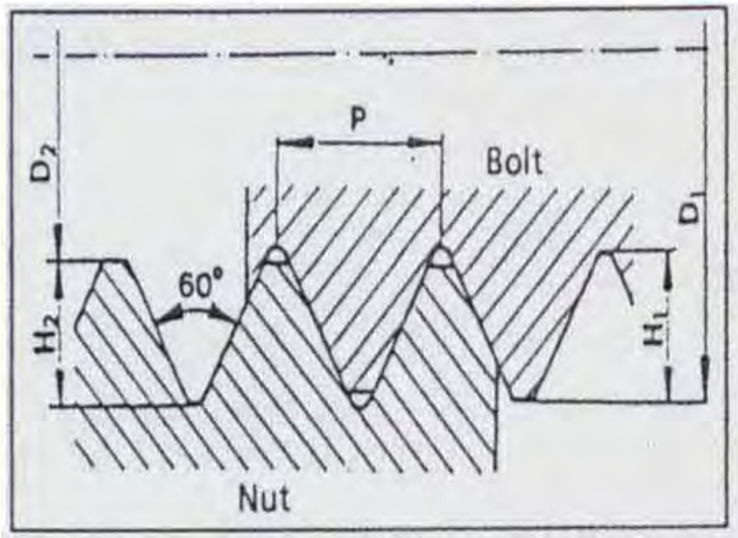
Selain ulir Metris pada Mesin Bubut bisa juga dibuat ulir *Whitworth*. Identifikasi ulir ini ditentukan oleh diamater mayor ulir dan jumlah ulir tiap inchi (Tabel 5.7.). Misalnya untuk ulir Whitwoth 3/8" jumlah ulir tiap inchi adalah 16 (kisarnya 0,0625"). Ulir ini biasanya digunakan untuk membuat ulir pada pipa (mencegah kebocoran fluida). Selain ulir segi tiga, pada Mesin Bubut bisa juga dibuat ulir segi empat (Gambar 2.7).



Gambar 2.7. Ulir segi empat.

Ulir segi empat ini biasanya digunakan untuk ulir daya. Dimensi utama dari ulir segi empat pada dasarnya sama dengan ulir segi tiga yaitu : diameter mayor, diameter minor, kisar (*pitch*), dan sudut helix. Pahat yang digunakan untuk membuat ulir segi empat adalah pahat yang dibentuk (diasah) menyesuaikan bentuk alur ulir segi empat dengan pertimbangan sudut helix ulir. Pahat ini biasanya dibuat dari HSS atau pahat sisipan dari bahan karbida.

Tabel 2.1.
Dimensi Ulir Metris.



Thread designation	Pitch P	Bolt		Nut	
		Nominal diameter D_1	Thread height H_1	Core diameter D_2	Thread height H_2
M3	0,5	3,00	0,337	2,459	0,285
M3,5	0,6	3,50	0,416	2,850	0,355
M4	0,7	4,00	0,490	3,242	0,414
M4,5	0,75	4,50	0,529	3,688	0,448
M5	0,8	5,00	0,551	4,134	0,479
M6	1,0	6,00	0,717	4,917	0,609
M8	1,25	8,00	0,907	6,647	0,771
M10	1,5	10,00	1,100	8,376	0,934
M12	1,75	12,00	1,285	10,106	1,098
M14	2,0			11,835	1,257
M16	2,0			13,835	1,257

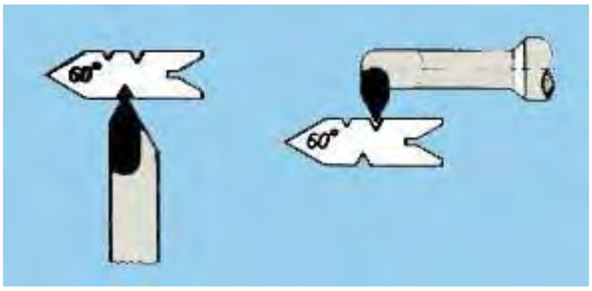
Table 2.2
Dimensi ulir *Whitworth.*

Thread designation	Turns per inch	Pitch P	Bolt		Nut	
			Nominal diameter D_1	Thread height H_1	Core diameter D_2	Thread height H_2
.112 (4)	40	0,0250	0,1120	0,0174	0,0813	0,0147
.125 (5)	40	0,0250	0,1250	0,0174	0,0943	0,0147
.138 (6)	32	0,0313	0,1380	0,0243	0,0997	0,0188
.164 (8)	32	0,0313	0,1640	0,0243	0,1257	0,0188
.190 (10)	24	0,0417	0,1900	0,0330	0,1389	0,0252
.216 (12)	24	0,0417	0,2160	0,0330	0,1649	0,0252
1/4	20	0,0500	0,2500	0,0386	0,1887	0,0309
5/16	18	0,0556	0,3125	0,0447	0,2443	0,0346
3/8	16	0,0625	0,3750	0,0502	0,2983	0,0391
7/16	14	0,0714	0,4375	0,0577	0,3499	0,0449
1/2	13	0,0769			0,4056	0,0485
9/16	12	0,0833			0,4603	0,0526
5/8	11	0,0909			0,5135	0,0576

1" = 25,4 mm

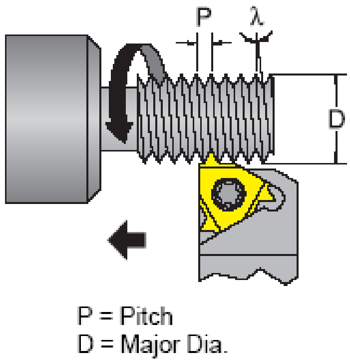
a. Pahat ulir

Pada proses pembuatan ulir dengan menggunakan Mesin Bubut manual pertama-tama yang harus diperhatikan adalah sudut pahat. Pada Gambar 2.8. ditunjukkan bentuk pahat ulir metris dan alat untuk mengecek besarnya sudut tersebut (60º).



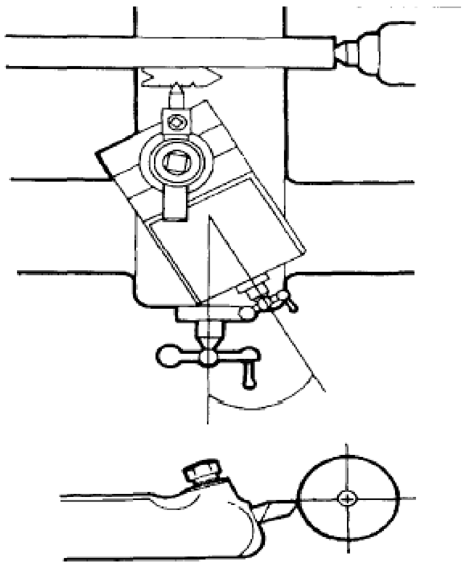
Gambar 2.8 Pahat ulir metris dan mal ulir untuk ulir luar dan ulir dalam.

Pahat ulir pada gambar tersebut adalah pahat ulir luar dan pahat ulir dalam. Selain pahat terbuat dari HSS pahat ulir yang berupa sisipan ada yang terbuat dari bahan karbida (Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Proses pembuatan ulir luar dengan pahat sisipan.

Setelah pahat dipilih, kemudian dilakukan *setting* posisi pahat terhadap benda kerja. *Setting* ini dilakukan terutama untuk mengecek posisi ujung pahat bubut terhadap sumbu.


Gambar 2.10 *Setting* pahat bubut untuk proses pembuatan ulir luar.

Setelah itu periksa posisi pahat terhadap permukaan benda kerja, supaya diperoleh sudut ulir yang simetris terhadap sumbu yang tegak lurus terhadap sumbu benda kerja (Gambar 2.10). Parameter pemesinan untuk proses bubut ulir berbeda dengan bubut rata. Hal tersebut terjadi karena pada proses pembuatan ulir harga gerak makan (f) adalah kisar (*pitch*) ulir tersebut, sehingga putaran spindel tidak terlalu tinggi (secara kasar sekitar setengah dari putaran spindel untuk proses bubut rata). Perbandingan harga kecepatan potong untuk proses bubut rata (*stright turning*) dan proses bubut ulit (*threading*) dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3.
Kecepatan potong proses bubut rata
dan proses bubut ulir untuk pahat HSS.

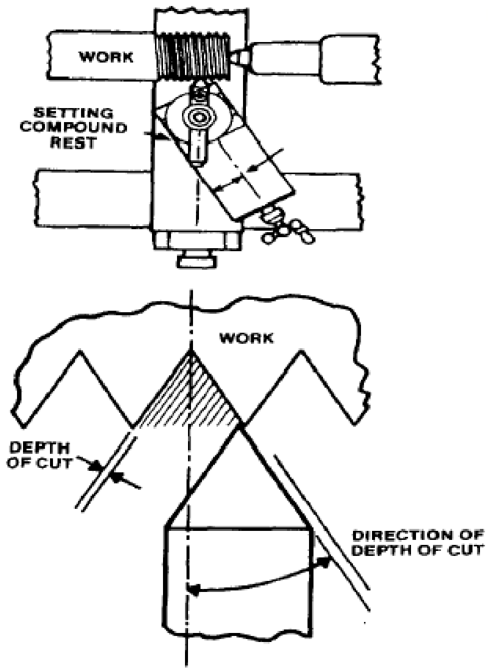
MATERIAL	STRAIGHT TURNING SPEED		THREADING SPEED	
	FEET PER MINUTE	METERS PER MINUTE	FEET PER MINUTE	METERS PER MINUTE
LOW-CARBON STEEL	80-100	24.4-30.5	35-40	10.7-12.2
MEDIUM-CARBON STEEL	60-80	18.3-24.4	25-30	7.6-9.1
HIGH-CARBON STEEL	35-40	10.7-12.2	15-20	4.6-6.1
STAINLESS STEEL	40-50	12.2-15.2	15-20	4.6-6.1
ALUMINUM AND ITS ALLOYS	200-300	61.0-91.4	50-60	15.2-18.3
ORDINARY BRASS AND BRONZE	100-200	30.5-61.0	40-50	12.2-15.2
HIGH-TENSILE BRONZE	40-60	12.2-18.3	20-25	6.1-7.6
CAST IRON	50-80	15.2-24.4	20-25	6.1-7.6
COPPER	60-80	18.3-24.4	20-25	6.1-7.6

NOTE: Speeds for carbide-tipped bits can be 2 to 3 times the speed recommended for high-speed steel

b. Langkah penyayatan ulir

Agar hasil ulir permukaannya relatif halus,hindari kedalaman potong yang relatif besar. Walaupun kedalaman ulir kecil (misalnya untuk ulir M10x1,5, dalamnya ulir 0,934 mm), proses penyayatan tidak dilakukan sekali potong, biasanya dilakukan 5 sampai 10 kali penyayatan ditambah sekitar 3 kali penyayatan kosong (penyayatan pada diameter terdalam). Hal tersebut karena pahat ulir melakukan penyayatan berbentuk "V".

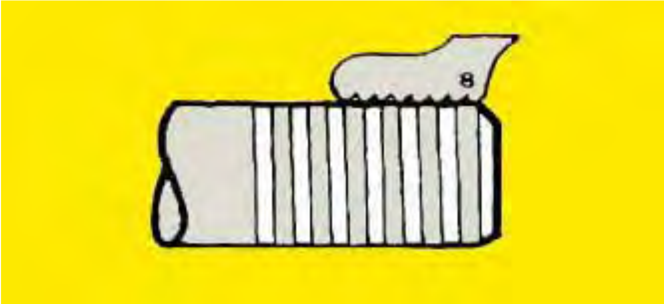
Agar diperoleh hasil yang presisi dengan proses yang tidak membahayakan operator mesin, sebaiknya pahat hanya menyayat pada satu sisi saja (sisi potong pahat sebelah kiri untuk ulir kanan, atau sisi potong pahat sebelah kanan untuk ulir kiri). Proses tersebut dilakukan dengan cara memiringkan eretan atas dengan sudut 29^o (Gambar 2.11.) untuk ulir metris. Sedang untuk ulirAcme dan ulir cacing dengan sudut 29^o, eretan atas dimiringkan $14,5^o$.Proses penambahan kedalaman potong (*dept of cut*) dilakukan oleheretan atas .



ambar 2.11. Eretan atas diatur menyudut terhadap sumbu tegak lurus benda kerja dan arah pemakanan pahat bubut.

Langkah-langkah proses bubut ulir dengan menggunakan mesin konvensional dilakukan dengan cara :

1) Memajukan pahat pada diameter luar ulir
2) *Setting* ukuran pada *handle* ukuran eretan atas menjadi 0 mm
3) Tarik pahat ke luar benda kerja, sehingga pahat di luar benda kerja dengan jarak bebas sekitar 10 mm di sebelah kanan benda kerja
4) Atur pengatur kisar menurut tabel kisar yang ada di Mesin Bubut, geser *handle* gerakan eretan bawah untuk pembuatan ulir
5) Masukkan pahat dengan kedalaman potong sekitar 0,1 mm
6) Putar spindel mesin (kecepatan potong mengacu Tabel 5.8) sampai panjang ulir yang dibuat terdapat goresan pahat, kemudian hentikan mesin dan tarik pahat keluar.
7) Periksa kisar ulir yang dibuat (Gambar 5.58.) dengan menggunakan kaliber ulir (*screw pitch gage*). Apabila sudah sesuai maka proses pembuatan ulir dilanjutkan. Kalau kisar belum sesuai periksa posisi *handle* pengatur kisar pada Mesin Bubut.



Gambar 2.12 Pengecekan kisar ulir dengan kaliber ulir.

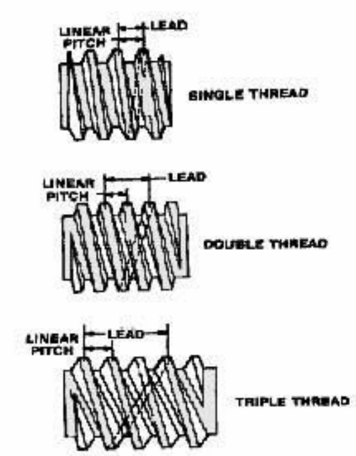
8) Gerakkan pahat mundur dengan cara memutar spindel arah kebalikan, hentikan setelah posisi pahat di depan benda kerja (Gerakan seperti gerakan pahat untuk membuat poros lurus).
9) Majukan pahat untuk kedalaman potong berikutnya dengan memajukan eretan atas.
10) Langkah dilanjutkan seperti No. 7) sampai kedalaman ulir maksimal tercapai.
11) Pada kedalaman ulir maksimal proses penyayatan perlu dilakukan berulang-ulang agar beram yang tersisa terpotong semuanya.
12) Setelah selesai proses pembuatan ulir, hasil yang diperoleh dicek ukuranya (diameter mayor, kisar, diameter minor, dan sudut ulir).

c. Pembuatan ulir ganda

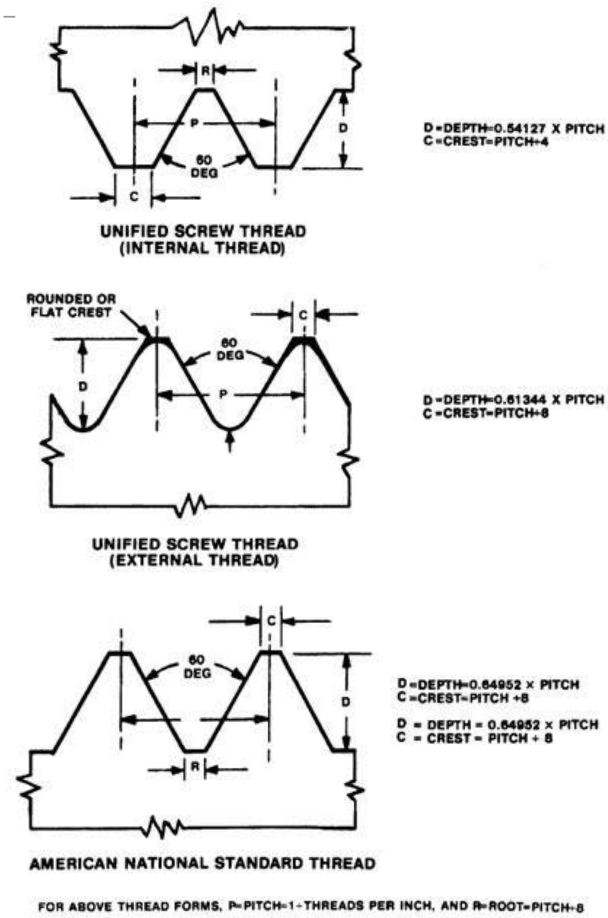
Pembuatan ulir di atas adalah untuk ulir tunggal. Selain ulir tunggal ada tipe ulir ganda (ganda dua dan ganda tiga). Pada dasarnya ulir ganda dan ulir tunggal dimensinya sama, perbedaanya ada pada *pitch* dan kisar (Gambar 5.59). Pada ulir tunggal *pitch* dan kisar (*lead*) sama. Pengertian kisar adalah jarak memanjang sejajar sumbu yang ditempuh batang berulir (baut) bila diputar 360^{o} (satu putaran).

Pengertian *pitch* adalah jarak dua puncak profil ulir. Pada ulir kanan tunggal bila sebuah baut diputar satu putaran searah jarum jam, maka baut akan bergerak ke kiri sejauh kisar (Gambar 2.13). Apabila baut tersebut memiliki ulir kanan ganda dua, maka bila baut tersebut diputar satu putaran akan bergerak ke kiri sejauh kisar (dua kali *pitch*). Bentuk-bentuk profil ulir yang telah distandarkan ada banyak. Proses pembuatannya pada prinsipnya sama dengan yang telah diuraikan di atas.

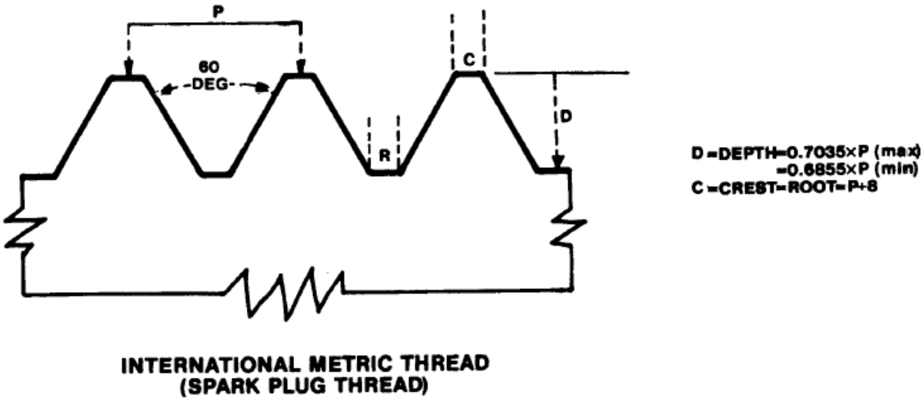
Gambar 2.13 sampai 2.15 berikut ditunjukkan gambar bentuk profil ulir dan dimensinya.



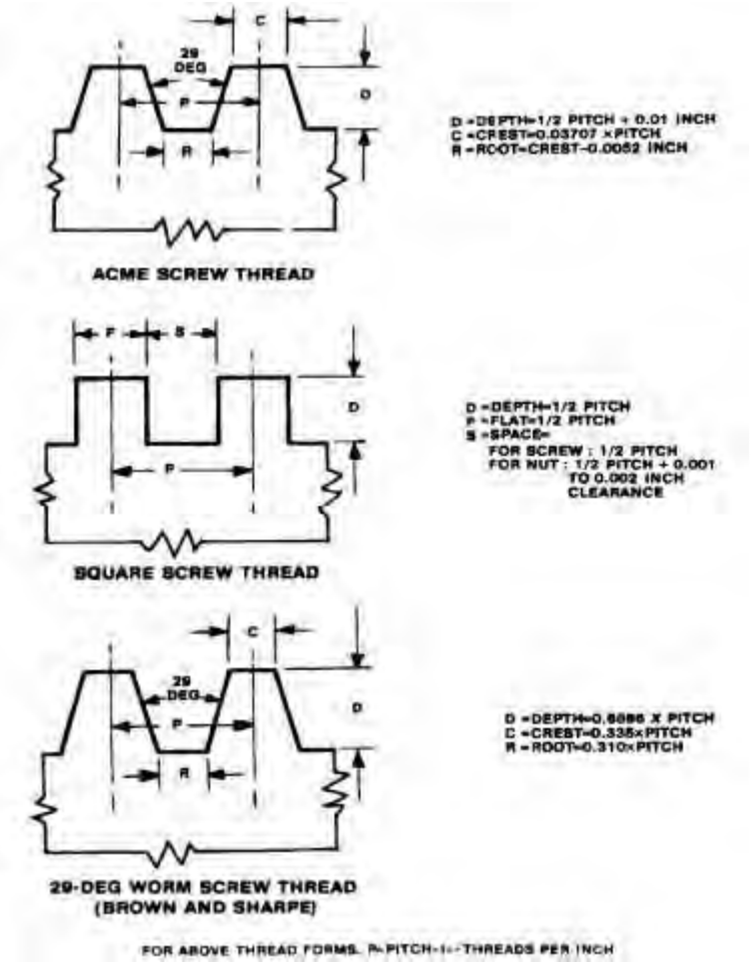
Gambar 2.13. *Single thread, double thread* dan *triple thread*.



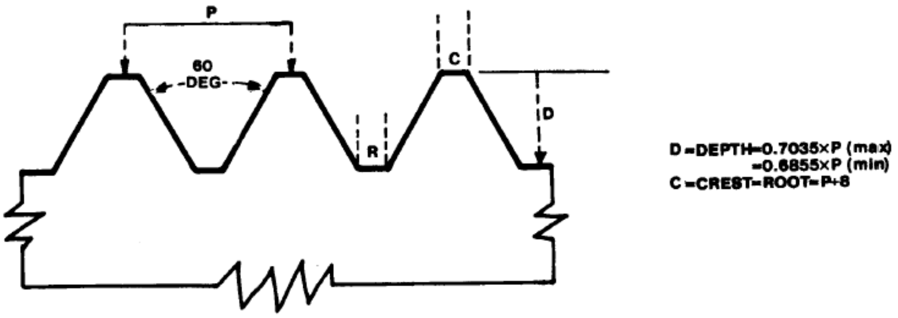
Gambar 2.14. Beberapa jenis bentuk profil ulir



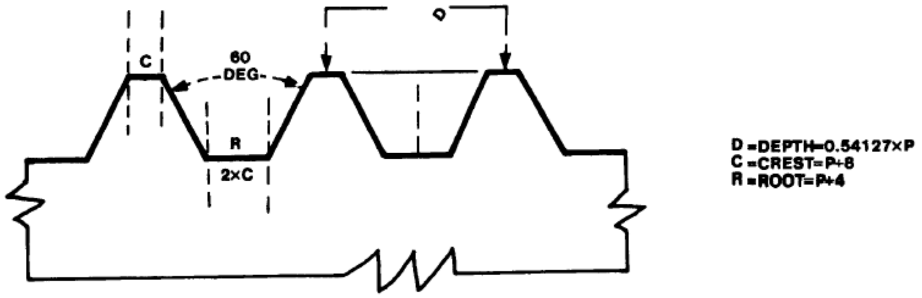
Gambar 2.15. a. Beberapa jenis bentuk profil ulir



Gambar 2.15. b. Beberapa jenis bentuk profil ulir



INTERNATIONAL METRIC THREAD
(SPARK PLUG THREAD)

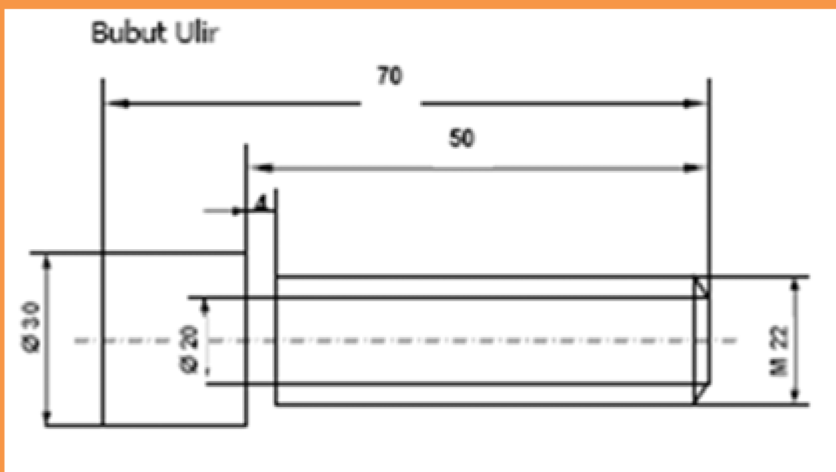


ISO METRIC THREAD STANDARD

Gambar 2.15.c Beberapa jenis bentuk profil ulir

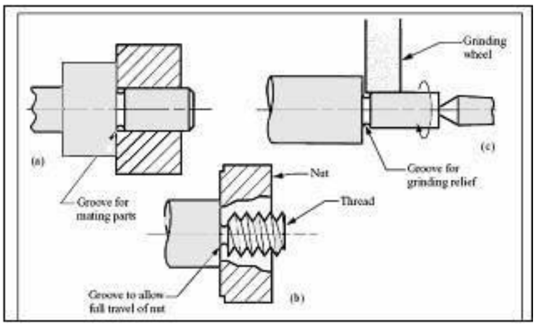
Tugas 3.1

Lakukan pembubutan untuk benda kerja dibawah ini!



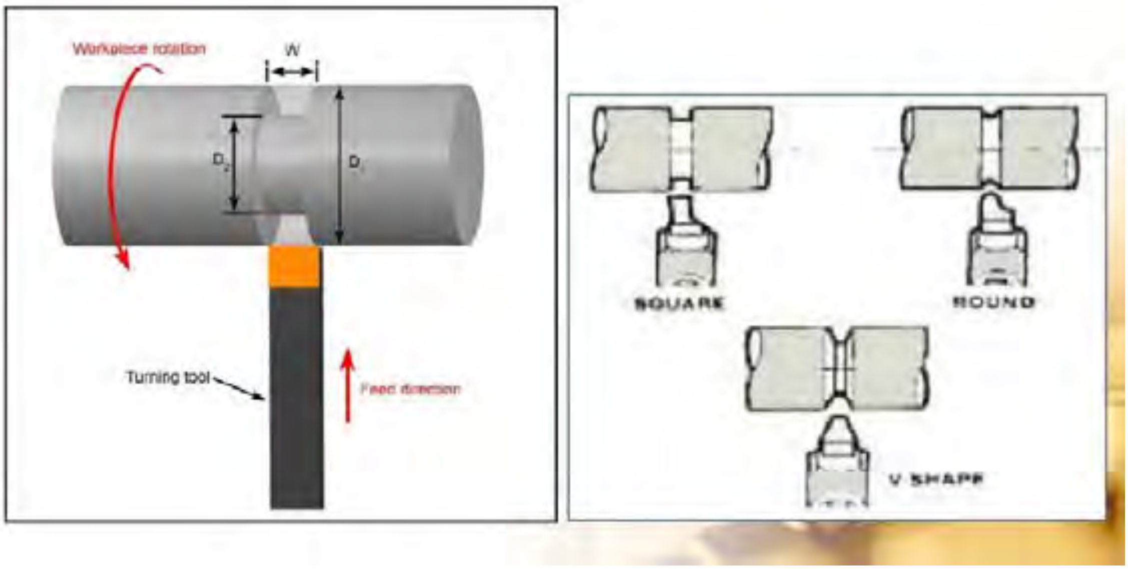
2. Membubut Alur

Alur (*grooving*) pada benda kerja dibuat dengan tujuan untuk memberi kelonggaran ketika memasangkan dua buah elemen mesin, agar baut dapat bergerak penuh, dan memberi jarak bebas pada proses gerinda terhadap suatu poros, (Gambar 2.16.). Dimensi alur ditentukan berdasarkan dimensi benda kerja dan fungsi dari alur tersebut.



Gambar 2.16 Alur untuk : (a) pasangan poros dan lubang, (b) pergerakan baut agar penuh, (c) jarak bebas proses penggerindaan poros.

Proses pembubutan alur menggunakan pahat alur, bentuk alur ada tiga macam yaitu kotak, melingkar, dan "V" skema bubut alur dan macam-macam bentuk alur dapat dilihat pada gambar 2.17.

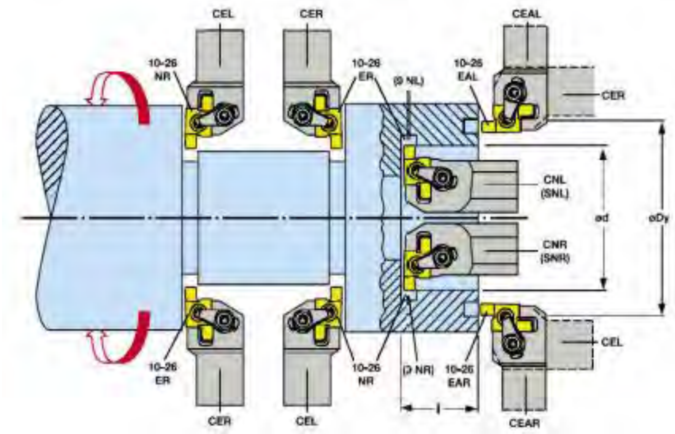


Gambar 2.17. Pembubutan alur macam-macam bentuk alur

Untuk membentuk alur tersebut pahat yang digunakan diasah dengan mesin gerinda disesuaikan dengan bentuk alur yang akan dibuat.

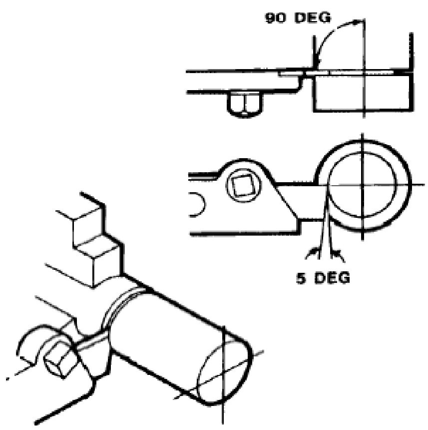
Kecepatan potong yang digunakan ketika membuat alur sebaiknya setengah dari kecepatan potong bubut rata. Hal tersebut dilakukan karena bidang potong proses pengaluran relatif lebar.

Alur bisa dibuat pada beberapa bagian benda kerja baik di bidang memanjang maupun pada bidang melintangnya, dengan menggunakan pahat kanan maupun pahat kiri, (Gambar 2.18)



Gambar 2.18. Alur bisa dibuat pada bidang memanjang atau melintang.

Proses yang identik dengan pembuatan alur adalah proses pemotongan benda kerja (*parting*). Proses pemotongan ini dilakukan ketika benda kerja selesai dikerjakan dengan bahan asal benda kerja yang relatif panjang (Gambar 2.19).



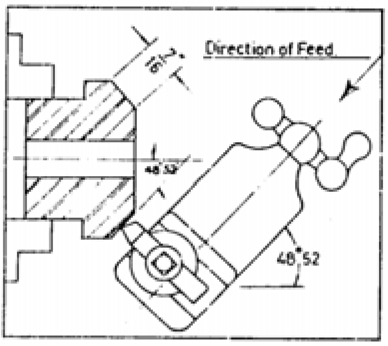
Gambar 2.19. Proses pemotongan benda kerja (*parting*).

Beberapa petunjuk penting yang harus diperhatikan ketika melakukan pembuatan alur atau proses pemotongan benda kerja adalah:

a. Cairan pendingin diberikan sebanyak mungkin
b. Ujung pahat diatur pada sumbu benda kerja
c. Posisi pahat atau pemegang pahat tepat 90º terhadap sumbu benda kerja
d. Panjang pemegang pahat atau pahat yang menonjol ke arah benda kerja sependek mungkin agar pahat atau benda kerja tidak bergetar
e. Dipilih batang pahat yang terbesar
f. Kecepatan potong dikurangi (50% dari kecepatan potong bubut rata)/kecepatan cenderung rendah.
g. Gerak makan dikurangi (20% dari gerak makan bubut rata)
h. Untuk alur aksial, penyayatan pertama dimulai dari diameter terbesar untuk mencegah berhentinya pembuangan beram.

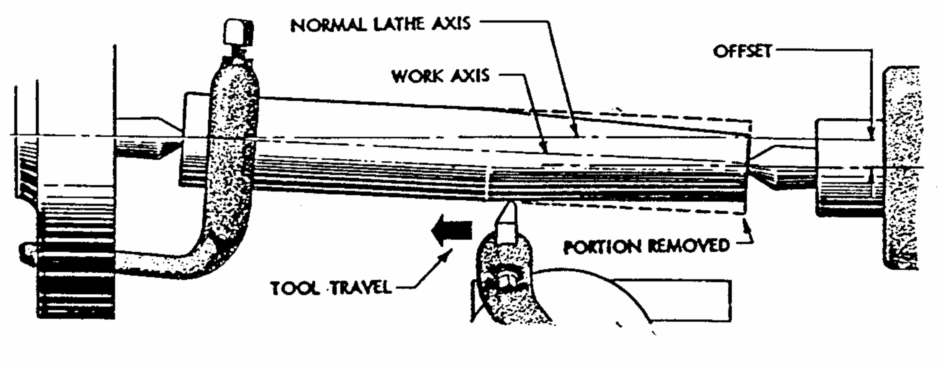
3. Membubut tirus

Membubut tirus dapat dilaksanakan dengan beberapa cara, cara yang paling mudah adalah dengan tambahan alat bubut taper, akan tetapi cara ini selain membutuhkan kelengkapan juga harus memasang perlengkapan tersebut pada meja eretan. Cara biasa adalah dengan memiringkan eretan atas dan memajukan eretan sebagai langkah pemakanan, khususnya untuk benda tirus yang pendek.

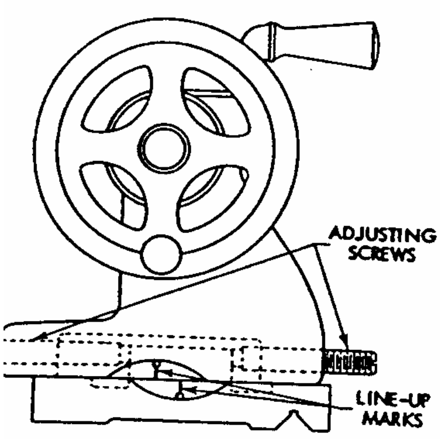


Gambar 2.20: Bubut tirus, memiringkan eretan atas

Cara yang lain adalah dengan membubut antara dua senter dan menggeser posisi kepala lepas sesuai dengan tinggi kemiringan yang diinginkan.



Gambar 2.21 : Bubut tirus, dua senter



Gambar 2.22 : Penggeseran posisi kepala lepas

Untuk menghitung pergeseran kepala lepas (a), dicari dengan rumus

$a = (D - d) / 2$

D = diameter besar

d = diameter kecil

Karena keterbatasan sentuhan senter tetap dengan lubang senter pada benda keja , maka harga pergeseran "a" tidak lebih dari 1/50 panjang benda kerjanya.

Kerja persiapan,

- Tentukan putaran mesin

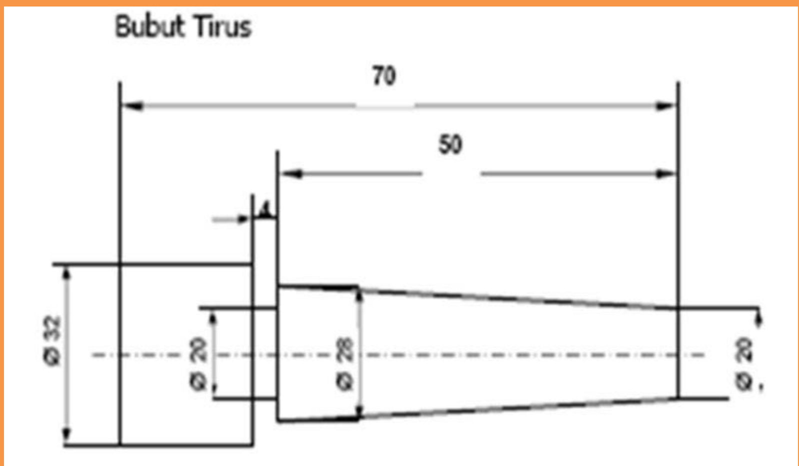
- Persiapkan pahat kasar, muka, dan pahat finishing
- Kotak kunci (tool box)
- Pemasangan benda kerja
- Pemasangan dan penyetelan pahat bubut.
- Penyetelan kemiringan sudut pada eretan atas (benda kerja pendek) atau pergeseran kepala lepas (benda kerja panjang).

Langkah Kerja

- Bubut bagian muka benda kerja untuk menentukan titik awal kemiringan
- Bubut diameter luar sampai dengan ukuran diameter terbesar yang diinginkan, gunakan pahat kasar
- Rubah posisi pahat atau posisi kepala lepas untuk menentukan sudut kemiringannya
- Bubut bagian tirusnya
- Periksa kebenaran sisi dan sudut ketirusannya
- Ganti pahat dengan pahat finishing.
- Periksa hasil ketirusannya.

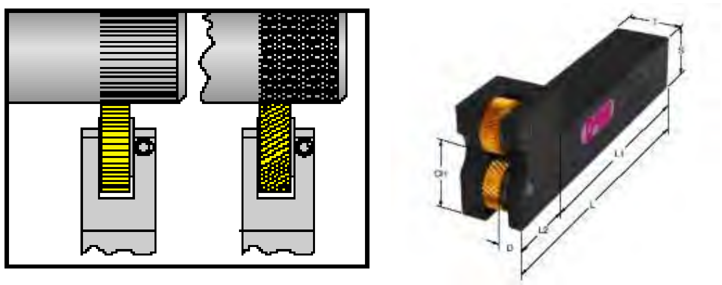
Tugas 3.2

Lakukan pembubutan untuk benda kerja dibawah ini!

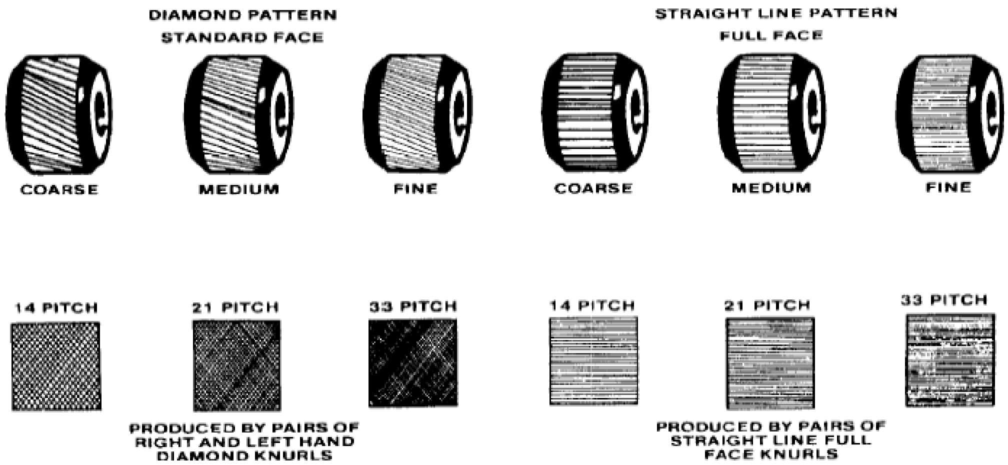


4. Proses Meng-kartel/bubut Kartel

Kartel (*knurling*) adalah proses membuat injakan ke permukaan benda kerja berbentuk berlian (*diamond*) atau garis lurus beraturan untuk memperbaiki penampilan atau memudahkan dalam pemegangan agar tidak licin (Gambar 5.67). Bentuk injakan kartel (Gambar 5.68) ada dalam berbagai ukuran yaitu kasar (14 *pitch*), medium (21 *pitch*), dan halus (*33 pitch*).



Gambar 2.23. Proses pembuatan kartel bentuk lurus, berlian, dan alat pahat kartel.

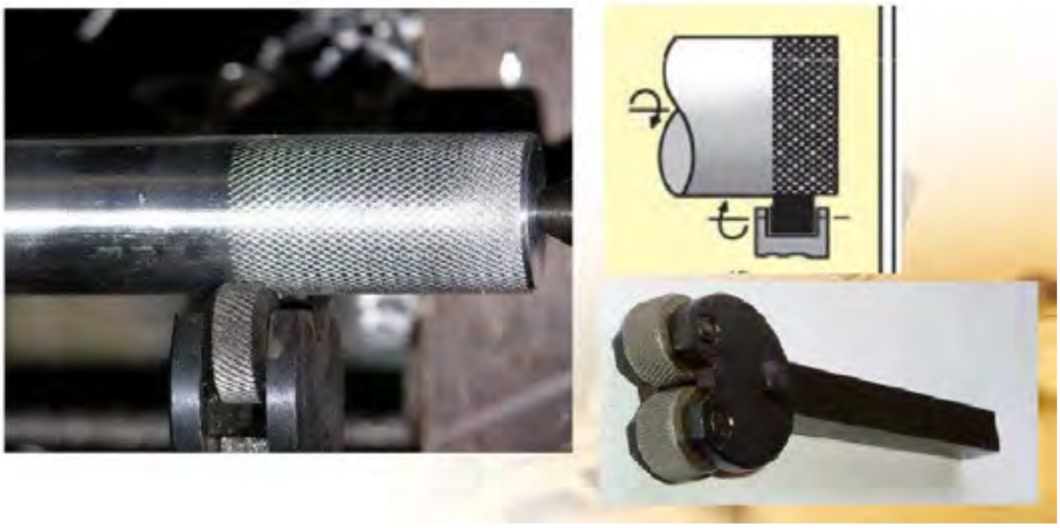


Gambar 2.24. Bentuk dan kisar injakan kartel.

Pembuatan injakan kartel dimulai dengan mengidentifikasi lokasi dan panjang bagian yang akan dikartel, kemudian mengatur mesin untuk proses kartel. Putaran spindel diatur pada kecepatan rendah (antara 60- 80 rpm) dan gerak makan medium (sebaiknya 0,2 sampai 0,4 mm per putaran spindel).

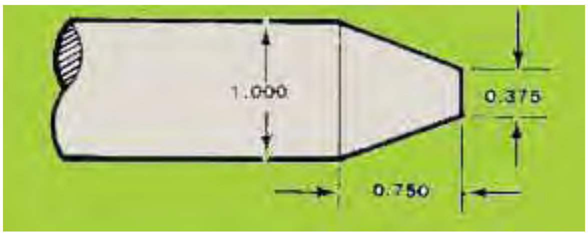
Pahat kartel harus dipasang pada tempat pahat dengan sumbu dari kepalanya setinggi sumbu Mesin Bubut, dan permukaannya paralel dengan permukaan benda kerja. Harus dijaga bahwa rol pahat kartel dapat

bergerak bebas dan pada kondisi pemotongan yang bagus, kemudian pada roda pahat yang kontak dengan benda kerja harus diberi pelumas. Skema mengkartel dan bentuk pahat kartel dapat dilihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.25. Pahat kartel dan cara mengkartel

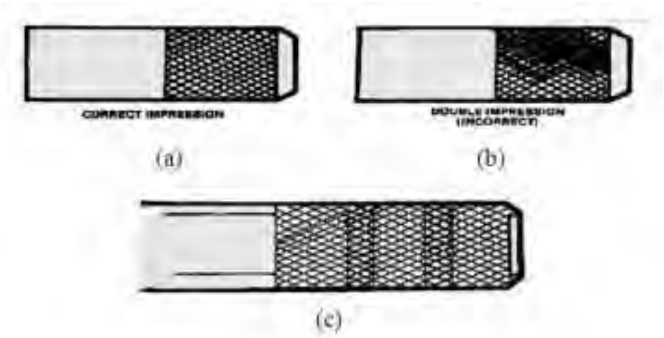
Agar tekanan awal pada pahat kartel menjadi kecil, sebaiknya ujung benda kerja dibuat pinggul (*chamfer*), lihat Gambar 2.26. dan kontak awal untuk penyetelan hanya setengah dari lebar pahat kartel. Dengan cara demikian awal penyayatan menjadi lembut. Kemudian pahat ditarik mundur dan dibawa ke luar benda kerja.



Gambar 2.26. Ujung benda kerja di-*champer* untuk memperkecil tekanan pahat kartel

Setelah semua diatur, maka spindel Mesin Bubut kemudian diputar, dan pahat kartel didekatkan ke benda kerja menyentuh benda sekitar 2 mm, kemudian gerak makan dijalankan otomatis. Setelah benda kerja berputar beberapa kali (misalnya 20 kali), kemudian Mesin Bubut dihentikan. Periksa hasil proses kartel atau ada bekas injakan yang ganda. Apabila hasilnya

sudah bagus, maka mesin dijalankan lagi. Apabila hasilnya masih ada bekas injakan ganda, maka sebaiknya benda kerja dibubut rata lagi, kemudian diatur untuk membuat kartel lagi. Selama proses penyayatan kartel, gerak makan pahat tidak boleh dihentikan jika spindel masih berputar, karena di permukaan benda kerja akan muncul ring/cincin. Apabila ingin menghentikan proses, misalnya untuk memeriksa hasil, maka mesin dihentikan dengan menginjak rem.



Gambar 2.27. Macam-macam injakan kartel. (a) Injakan kartel yang benar, (b) injakan kartel ganda (salah), dan (c) cincin yang ada pada benda kerja karena berhentinya gerakan pahat kartel sementara benda kerja tetap berputar.

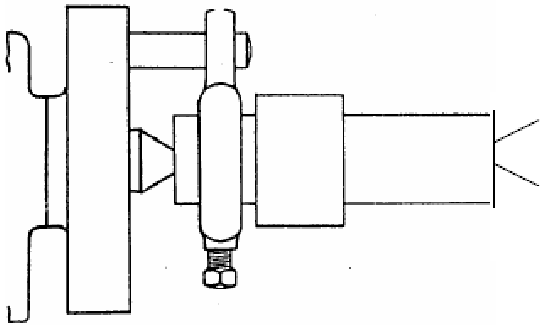
5. Membubut Eksentrik

Membubut eksentrik tirus dapat dilaksanakan dengan beberapa cara.

Pergeseran senter

Kerja persiapan,

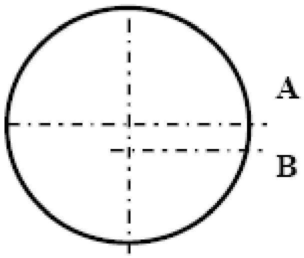
- Tentukan putaran mesin
- Persiapkan pahat kasar, muka, dan pahat finishing
- Kotak kunci (tool box)
- Pemasangan benda kerja
- Pemasangan dan penyetelan pahat bubut.



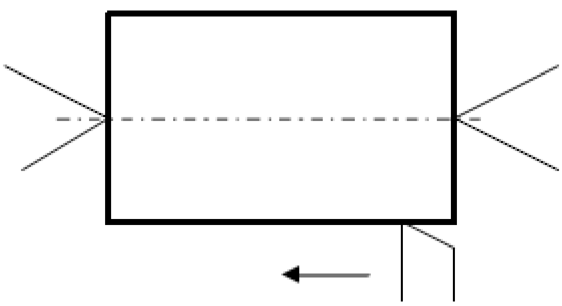
Gambar 2.28: Pemasangan benda kerja, bubut eksentrik

Langkah Kerja

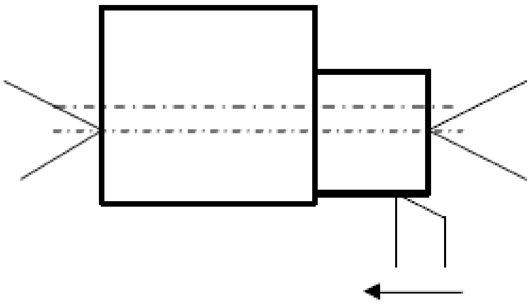
- Bubut permukaan benda kerja dengan pahat kasar mendekati diameter terbesar dan panjang yang diinginkan.
- Bubut bagian muka benda kerja (dua muka) untuk menentukan sisi penandaan pergeseran senter.
- Buat pergeseran senternya pada dua sisi penampang benda kerja



Pemberian tanda untuk pergeseran senternya pada kedua sisi penampangnya



Posisi senter A untuk pembubutan pertama



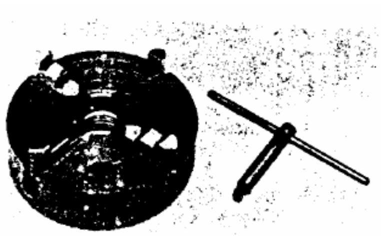
Posisi senter B untuk pembubutan kedua

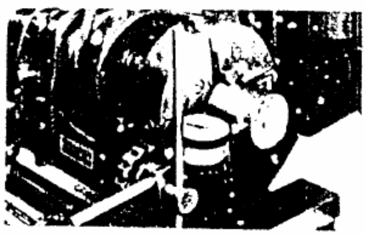
- Tempatkan benda kerja dengan penjepitan dua senter
- Bubut diameter luar sampai dengan ukuran diameter terbesar yang diinginkan
- Ganti penjepitan benda kerja dengan senter yang kedua
- Bubut bagian eksentriknya
- Periksa kebenaran dimensi poros eksentrik yang dibuat

Chuck empat (independent chuck)

Kerja persiapan,

- Tentukan putaran mesin
- Persiapkan pahat kasar, muka, dan pahat finishing
- Kotak kunci (tool box)
- Pemasangan benda kerja
- Pemasangan dan penyetelan pahat bubut.

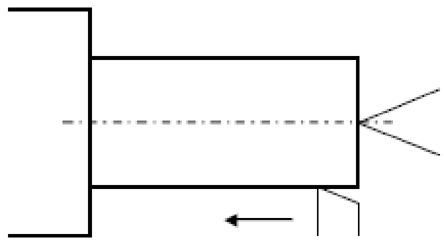




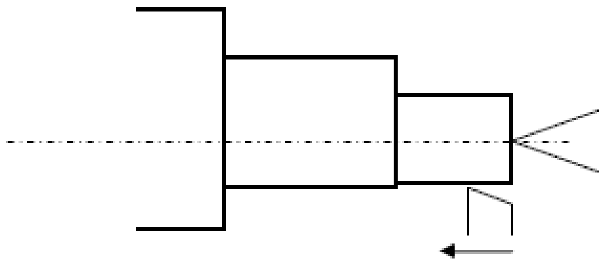
Gambar 2.29: Chuck kepala empat dan pemasangan benda kerja

Langkah Kerja

- Bubut permukaan benda kerja dengan pahat kasar mendekati diameter terbesar dan panjang yang diinginkan.
- Bubut bagian muka benda kerja (dua muka) untuk menentukan sisi penandaan pergeseran senter.
- Buat pergeseran senternya pada satu sisi penampang benda kerja
- Tempatkan benda kerja pada chuck empat, atur sesuai posisi senter utama
- Bubut benda kerja sesuai dimensi yang diinginkan



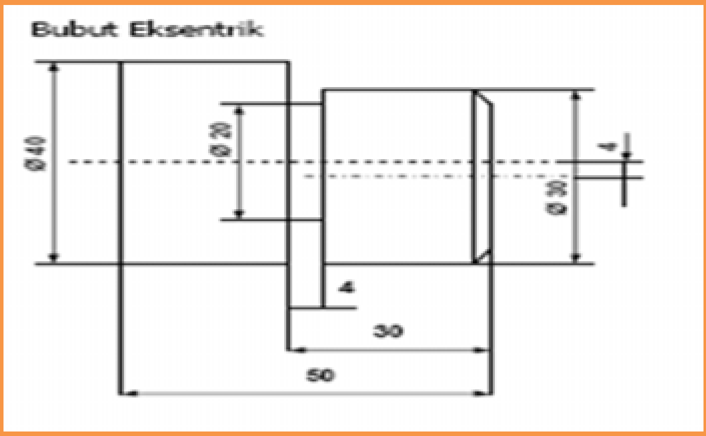
- Atur benda kerja dengan merubah posisi penjepitan sesuai sumbu eksentriknya, gunakan pointer untuk membantu pergeserannya.
- Bubut bagian eksentriknya



- Periksa kebenaran dimensi poros eksentrik yang dibuat

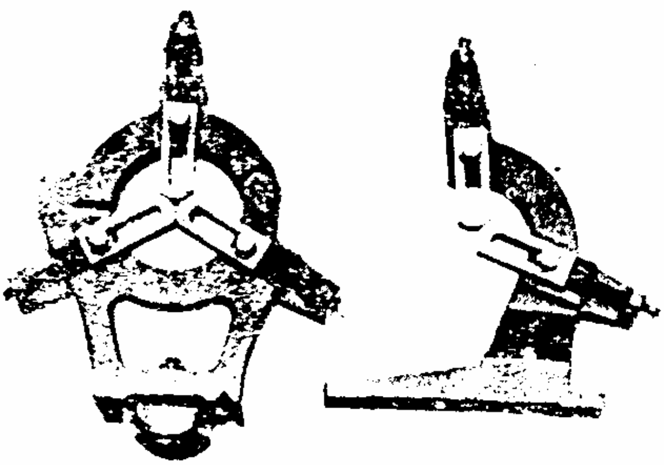
Tugas 3.3

Lakukan pembubutan untuk benda kerja dibawah ini!



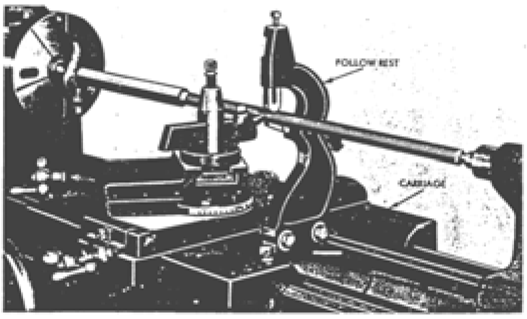
4. Membubut Benda Panjang

Membubut benda panjang memerlukan peralatan tambahan. Peralatan tambahan yang sering digunakan adalah kaca mata tetap (stationery steady rests) dan kaca mata jalan (*stationery steady traveling*). Kacamata tetap dan jalan digunakan untuk mendukung benda kerja panjang, sehingga kelenturan benda kerja akibat tekanan pemakanan saat dibubut dapat dikurangi. Apabila tidak dijaga, maka benda kerja cenderung tirus atau tidak merata kesilindrisannya.



Gambar 2.30 A= Kaca mata tetab; B = Kaca mata jalan

Pemakaian kacamata jalan (traveling steady rest) dapat dilihat seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.31 Penggunaan kaca mata jalan

Kerja persiapan,

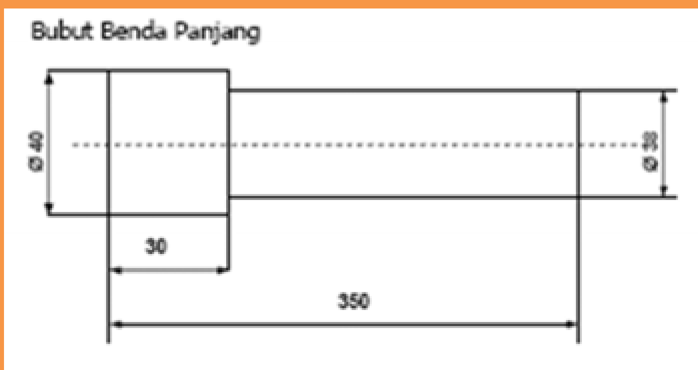
- Tentukan putaran mesin
- Persiapkan pahat yang akan digunakan
- Kotak kunci (tool box)
- Pemasangan benda kerja
- Pemasangan dan penyetelan pahat bubut.

Langkah Kerja

- Pasang kacamata pada meja mesin
- Jepit benda kerja pada kepala tetap.
- Atur benda kerja agar tersangga pada kacamatnya
- Bila diperlukan jepit dengan senter jalan pada ujung yang lain
- Benda kerja siap dibubut

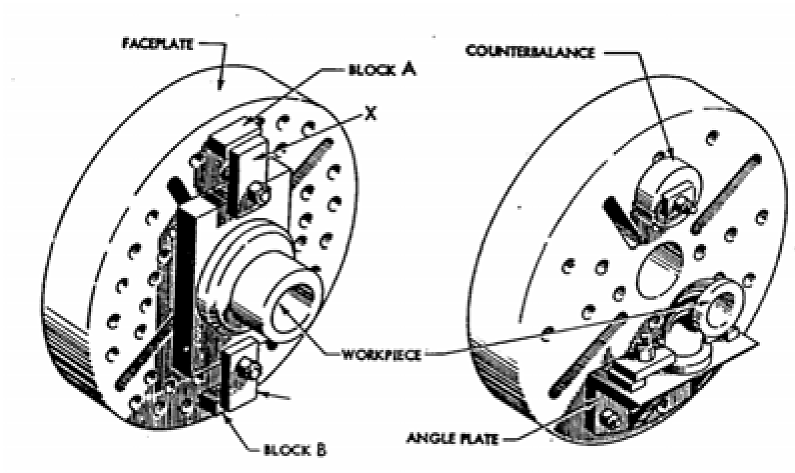
Tugas 3.4

Lakukan pembubutan untuk benda kerja dibawah ini!



5. Membubut dengan Faceplate

Membubut dengan Faceplate adalah membubut benda kerja yang bentuknya tidak beraturan sehingga sulit bila menggunakan penjepitan atau pencekaman dengan cara-cara yang telah dibahas sebelumnya.



Gambar 2.32: Face plate

Kerja persiapan,

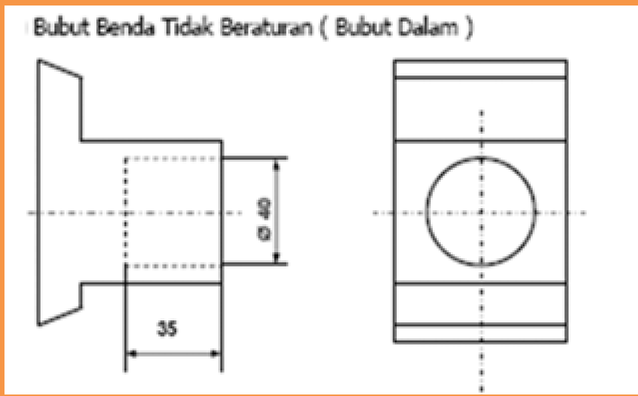
- Tentukan putaran mesin
- Persiapkan pahat yang akan digunakan
- Kotak kunci (tool box)
- Pemasangan dan penyetelan pahat bubut.
- Pemasangan benda kerja pada faceplate. Bila diperlukan gunakan angel plate dan v-block.

Langkah Kerja

- Lepas kepala tetap dari mesin bubut.
- Pasang faceplate sebagai pengganti kepala tetap
- Atur posisi penjepitan benda kerja pada permukaan faceplate
- Gunakan lubang dan alur yang tersedia pada faceplate untuk baut-baut penjepitnya
- Atur posisi bagian benda kerja yang akan dibubut sesuai dengan titik senter mesin
- Benda kerja siap dibubut.

Tugas 3.5

Lakukan pembubutan untuk benda kerja dibawah ini!



Rangkuman

1. Persyaratan kerja berhubungan dengan kondisi mesin, benda kerja dan operator.
2. Persiapan kerja merupakan kegiatan pemasangan, penyetelan, dan pemeriksaan baik peralatan bubut maupun benda kerjanya.
3. Peralatan kerja yaitu alat yang disiapkan sesuai kebutuhan untuk mengerjakan benda kerja ditinjau dari bahan dan bentuk atau desain yang diinginkan.

4. Pahat bentuk disesuaikan dengan bentuk permukaan benda kerja yang akan dibuat
5. Pahat ulir tidak mempunyai sudut tatal dan bentuknya sesuai bentuk ulir yang diinginkan
6. Pahat dalam digunakan untuk membuat lubang dan ulir dalam dari benda kerja.
7. Alat potong kerja bubut komplek dipilih sesuai bentuk benda kerja yang diinginkan.
8. Kerja bubut komplek antara lain, bubut Ulir, bubut Tirus, bubut Eksentrik, bubut benda penjang, dan bubut dengan face plate.

Evaluasi

A. Evaluasi Diri

Penilaian Diri

Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampua siswa bersangkutan.

No	Aspek Evaluasi	Penilaian diri			
		Sangat Baik (4)	Baik (3)	Kurang (2)	Tidak Mampu (1)
A	**Sikap**				
1	Disiplin				

2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Memahami K3 pada operasi mesin bubut				
2	Memahami cara memilih dan menggunakan perlengkapan mesin bubut				
3	Memahami cara membuat komponen instrument logam dengan bubut tirus				
4	Memahami cara membuat komponen instrument logam dengan bubut eksentris				
5	Memahami cara membuat komponen instrument logam dengan bubut kerja panjang				
6	Memahami cara membuat komponen instrument logam dengan bubut benda kerja tak beraturan				
7	Memahami cara membuat komponen instrument logam dengan bubut ulir.				

No	**Aspek Evaluasi**	**Penilaian diri**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
1	Mampu menerapkan K3 pada operasi mesin bubut				
2	Mampu memilih dan menggunakan perlengkapan mesin bubut				
3	Mampu membuat komponen instrument logam dengan bubut tirus				
4	Mampu membuat komponen instrument logam dengan bubut eksentris				
5	Mampu membuat komponen instrument logam dengan bubut kerja panjang				
6	Mampu membuat komponen instrument logam dengan bubut benda kerja tak beraturan				

7	Mampu membuat komponen instrument logam dengan bubut ulir.				

B. Review

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan benar

1. Kondisi apa saja yang termasuk persyaratan kerja bubut.
2. Untuk menghindari hasil bubutan tirus, apa yang harus disiapkan sebelum pembubutan ?
3. Peralatan ukur apa saja yang digunakan untuk bubut silinder dalam
4. Mengapa ujung pahat dibuat radius pada pahat bentuk radius ?
5. Bagian mana yang menunjukkan pahat ulir untuk membuat ulir segitiga ?

C. Tugas Mandiri

Kerjakan pembubutan benda kerja sesuai dengan gambar kerja berikut dibawah ini.

toleransi umum ± 0.05

I. PETUNJUK

1. Peserta melaksanakan ujian secara individu
2. Alat dan bahan utama telah disediakan
3. Buatlah Katup Pengaman sesuai dengan gambar

II. KESELAMATAN KERJA

1. Menggunakan kaca mata pengaman
2. Menggunakan baju praktek (Wearpark)
3. Menggunakan sepatu kerja
4. Menggunakan sarung tangan jika diperlukan

5. Mempergunakan semua alat-alat perkakas sesuai prosedur
6. Memperhatikan kecepatan spindle speed pada mesin bubut
7. Memastikan mesin dalam kondisi siap pakai
8. Hentikan mesin jika bunyi mesin menggeresek atau tidak normal
9. Pergunakan selalu kunci – kunci yang cocok (Pas)
10. Tidak berkumpul di satu mesin atau bersenda gurau satu sama Lain
11. Membersihkan mesin dan ruangan setelah selesai praktek

III. DAFTAR BAHAN DAN PERALATAN

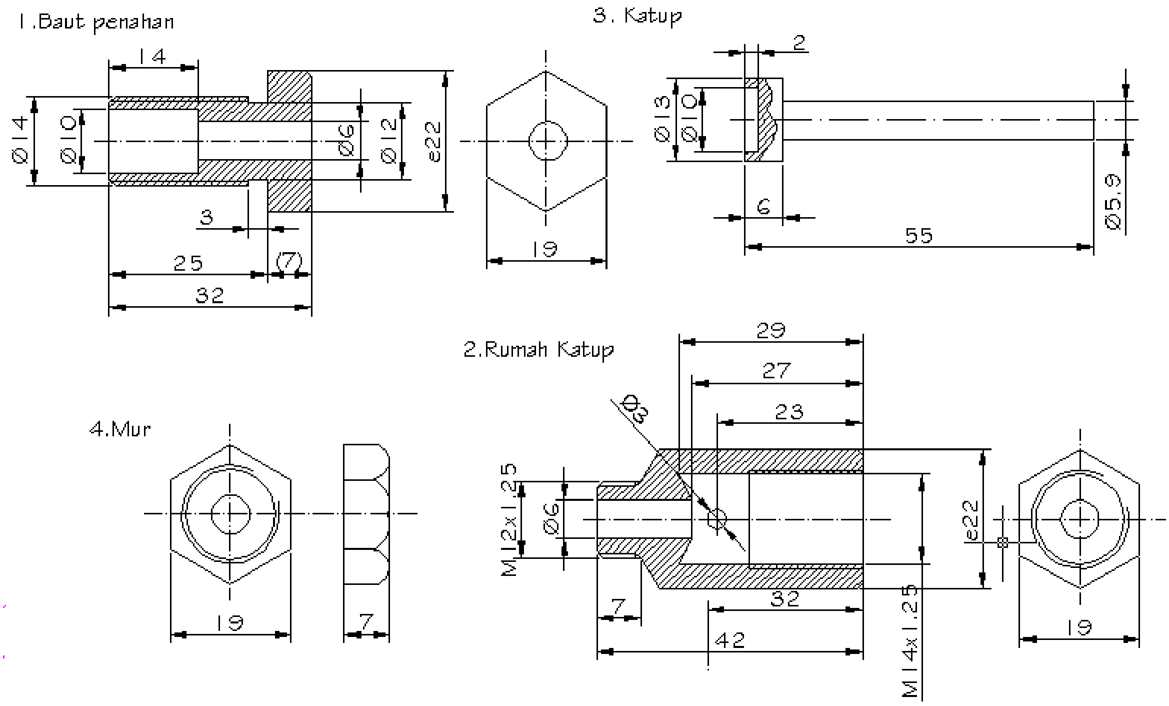
Bahan:

1. Kuningan
2. Kuningan
3. Pegas
4. Seal Karet

Alat:

1. Alat Tes /Alat Tangan
2. Mesin bubut
3. Mesin Bor
4. Pahat bubut rata
5. Pahat Potong
6. Mata Bor
7. Snei
8. Tap
9. Gergaji tangan
10. Jangka sorong

IV. Gambar



D. Penilaian

Penilaian dilakukan terhadap 3 kriteria, yaitu sikap, keterampilan dan pengetahuan.

1. Nilai sikap diperoleh dari observasi selama kegiatan belajar
2. Nilai pengetahuan diperoleh dari hasil pemeriksaan jawaban tugas evaluasi (Review) yang diberikan.
3. Nilai keterampilan diperoleh dari hasil unjuk kerja tugas proyek yang dilaksanakan siswa.

Rubrik Penilaian

1. Indeks nilai kuantitatif dengan skala 1 – 4
2. KKM : Pengetahuan : ≥ 2.66 (Baik)
   Keterampilan : ≥ 2.66 (Baik)
   Sikap : ≥ 2.66(Baik)

PENILAIAN HASIL BELAJAR

Nama Siswa : ....

1. Penilaian Sikap					
Isilah kolom penilain berikut berdasar hasil observasi selama kegiatan belajar, dengan memberikan ceklis pada kolom yang sesuai					
No	**Aspek Penilaian**	**Nilai**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
1	Disiplin				

2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
	Jumlah Nilai				
	Rata Rata Nilai (Jumlah Nilai / 4)				

2. PenilaianPengetahuan		
Isilah kolom penilain berikut oleh Guru, berdasar hasil pemeriksaan jawaban evaluasi yang diberikan		
No.	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Review	

3. Penilaian Keterampilan		
Isilah kolom penilain berikut oleh Guru, berdasar hasil pemeriksaan jawaban evaluasi yang diberikan		
No.	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Tugas Mandiri	

Kesimpulan Penilaian

No	Aspek Penilaian	Nilai
1	Sikap	
2	Pengetahuan	
3	Keterampilan	
Kesimpulan : Siswa dinyatakan **Kompeten/Belum Kompeten*** dan **Dapat/Tidak Dapat**** Melanjutkan Ke Materi Berikutnya		
Peserta sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan-alasan mengambil keputusan **........................, ...** **Penilai** **...................................**		
Saya sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan mengambil keputusan tersebut. **Umpan Balik Siswa:** **Tanda Tangan Siswa:**	Saya sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan mengambil keputusan tersebut. **Umpan Balik Orangtua/ wali siswa:** **Tanda Tangan Orangtua/ wali Siswa:**	

*) Skala 4
**)Coret yang tidak perlu

BAB 3

Pembuatan Komponen Instrumen Logam Menggunakan Mesin Frais

KATA KUNCI:

- Kolet
- Frais
- Poros
- Arbor
- Cutter
- Blok V
- Toleransi
- Klem Jepit
- Meja Putar
- Nilai Kekasaran
- Tanda Pengerjaan

Deskripsi

Pembuatan komponen instrumen logam erat kaitannya dengan proses pemesinan. Dalam proses pemesinan ini terutama mesnggunakan mesin perkakas dalam hal ini salahsatunya mesin frais.

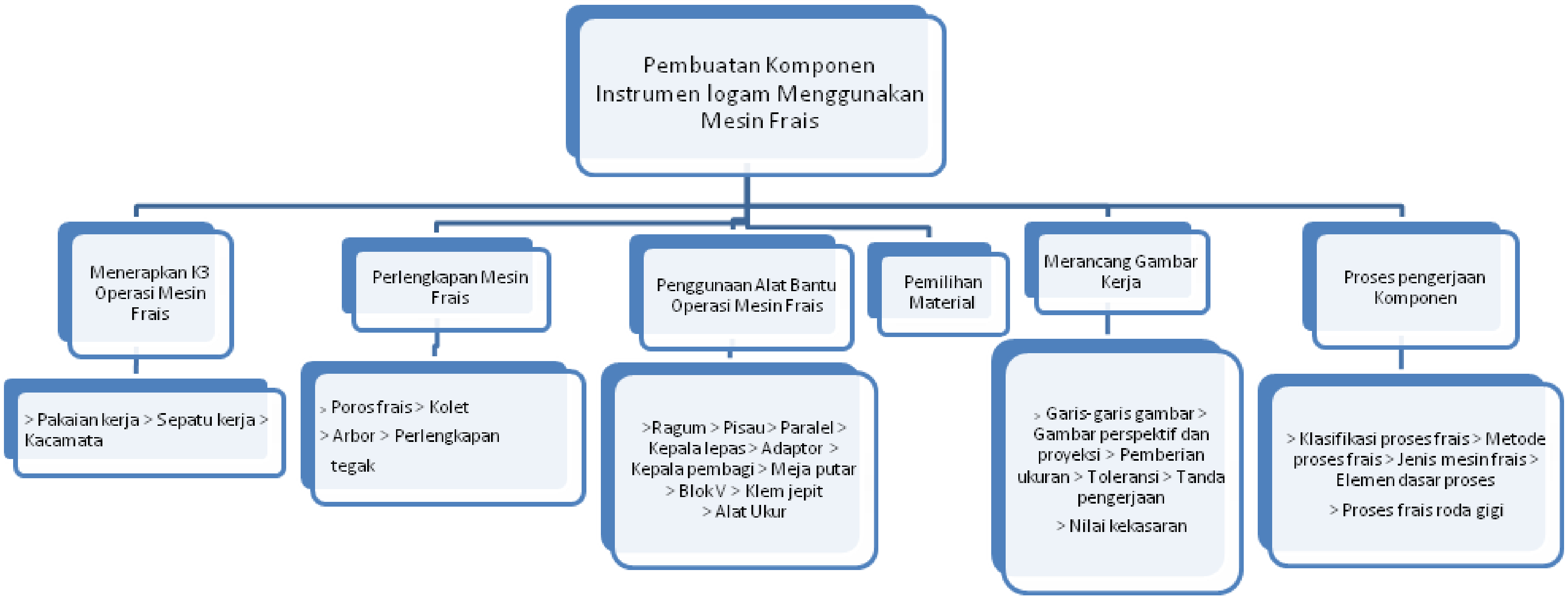
Pembelajaran pembuatan komponen instrumen logam menggunakan mesian frais digunakan dalam lingkup pekerjaan instrumentasi industri yaitu memperbaiki komponen instrumen berbasis logam kontrol. Dengan kemampuan siswa menentukan hal penguasaan teori dan praktik, diharapkan siswa kompetensi keahlian teknik instrumen logam dapat melakukan operasi mesin frais sesuai karakteristiknya, menerapkannya pada perancangan pembuatan benda kerja, serta mampu memilih jenis pengerjaan bahan sesuai jenis bahan yang digunakan.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab ? ini, Kamu diharapkan dapat;

4. Mampu menerapkan K3 pada operasi mesin frais
5. Mampu memilih dan menggunakan perlengkapan mesin frais sesuai jenis serta karakteristik pengerjaan komponen
6. Mampu memilih dan menggunakan alat bantu berdasarkan jenis dan karakteristik pengerjaan komponen
7. Mampu merancang komponen instrumen logam yang akan dikerjakan
8. memilih dan menggunakan operasi mesin yang sesuai jenis serta karakteristik pergerjaan komponen

Peta Konsep


Pembuatan Komponen Instrumen logam Menggunakan Mesin Frais
Menerapkan K3 Operasi Mesin Frais
> Pakaian kerja > Sepatu kerja > Kacamata
Perlengkapan Mesin Frais
> Poros frais > Kolet
> Arbor > Perlengkapan tegak
Penggunaan Alat Bantu Operasi Mesin Frais
>Ragum > Pisau > Paralel > Kepala lepas > Adaptor > Kepala pembagi > Meja putar > Blok V > Klem jepit > Alat Ukur
Pemilihan Material
Merancang Gambar Kerja
> Garis-garis gambar > Gambar perspektif dan proyeksi > Pemberian ukuran > Toleransi > Tanda pengerjaan
> Nilai kekasaran
Proses pengerjaan Komponen
> Klasifikasi proses frais > Metode proses frais > Jenis mesin frais > Elemen dasar proses
> Proses frais roda gigi

Rencana Belajar Siswa

Pada hari ini, ... tanggal ....tahun .... Guru beserta siswa merencanakan pelaksanaan kegiatan belajar sebagaimana tabel di bawah ini

No	Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Catatan Perubahan
1	menerapkan K3 pada operasi mesin frais				
2	memilih dan menggunakan perlengkapan mesin frais				
3	mengoprasikan mesin frais sesuai jenis serta karakteristik pengerjaan komponen				
4	memilih dan menggunakan alat bantu berdasarkan jenis dan karakteristik pengerjaan komponen				
5	merancang komponen instrumen logam yang akan dikerjakan				
6	menggunakan operasi mesin yang sesuai jenis serta karakteristik pergerjaan komponen				

............................., ...

Guru	Orangtua/Wali Siswa	Siswa
....	....	....

Uraian Materi

Pembuatan Komponen Instrumen Logam Menggunakan Mesin Frais

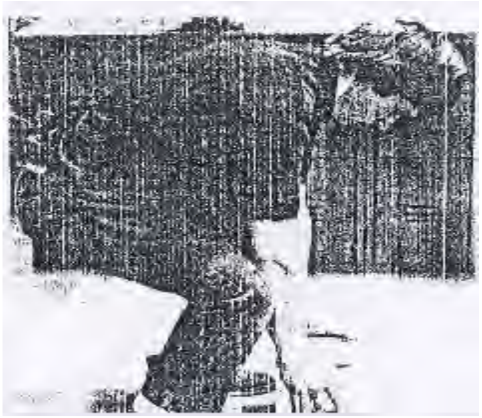
A. Penerapan K3 Operasi Mesin Frais

Mesin frais adalah mesin perkakas dengan gerak utama berputar (pisau berputar) pada sumbu yang tetap, dan benda kerja bergerak melintasi cutter. Bahaya-bahaya yang sering terjadi antara lain :

1. Mata terkena chip (tatal), untuk menghindari mata kemasukan chip maka setiap melakukan pekerjaan harus memakai kaca mata. Apalagi kerja dengan mesin frais, dimana pisau berputar pada poros yang tetap sedangkan benda kerja hanya bergerak melintasi pisau. Oleh karena itu biar mata aman dari chip yang berterbangan maka harus memakai kaca mata sesuai dengan keselamatan kerja.
2. Tangan terkena cutter pisau frais, untuk menghindari tangan anda terkena pisau frais, maka jika ingin mengambil bagian, melihat, dan membersihkan tatal yang dekat dengan pisau maka lebih baik putaran poros dimatikan.
3. Tangan terkena chip, biasanya bahaya seperti ini terjadi pada waktu kita membersihkan tatal seusai kerja pada mesin frais. Karena kita tahu bahwa mesin frais cutternya lebih dari 1 mata potong, maka serpihan chipnya pasti bentuknya pendek dan tajam. Untuk mengatasi resiko ini maka gunakanlah kuas untuk membersihkan.

Sedangkan Untuk menjamin keselamatan operator, operator harus menggunakan peralatan keselamatan kerja seperti :

1. Pakaian kerja, untuk pakaian kerja yang dipakai operator harus mempunyai syarat-syarat sebagai berikut :
   - Tidak mengganggu pergerakan tubuh operator
   - Tidak terasa panas waktu dipakai, karena di negara kita beriklim tropis maka disarankan untuk pakaian kerja terbuat dari bahan katun.



Gambar 3.1. Pakaian kerja

2. Sepatu kerja, penggunaan sepatu kerja harus benar-benar dapat memberikan perlindungan terhadap kaki kita. Berdasarkan standar yang telah ditentukan, sepatu kerja terbuat dari bahan kulit, sedangkan alas terbuat dari karet yang elastis tetapi tidak mudah rusak karena berinteraksi dengan minyak pelumas (oli), tidak licin sewaktu dipakai. Untuk bagian ujung sepatu masih dilapisi dengan pelat besi yang digunakan untuk melindungi kaki jika terjatuh oleh benda-benda yang berat.



Gambar 3.2. Sepatu Kerja

3. Kacamata, digunakan untuk melindungi mata dari chip-chip yang berterbangan pada saat kerja di mesin frais. Oleh karena itu kaca mata yang dipakai oleh operator harus memenuhi syarat-syarat berikut :
   - Mampu menutup seluruh bagian-bagian mata dari kemungkinan terkena chip.
   - Tidak mengganggu penglihatan operator dan

- Memiliki lubang sebagai sirkulasi udara kemata.
-



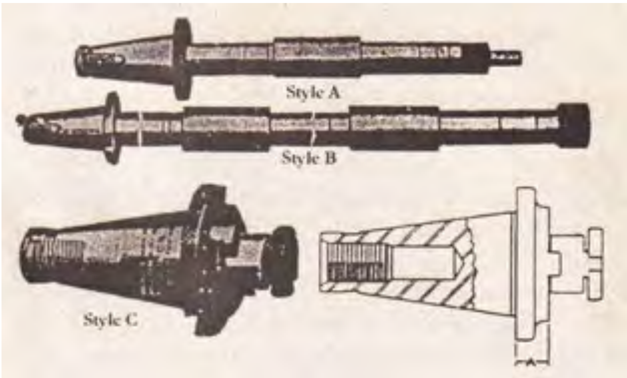
Gambar 3.3 Kacamata

B. Perlengkapan mesin frais

Perlengkapan mesin frais pada garis besarnya dapat terbagi dalam 3 (tiga) bagian, yaitu perlengkapan yang kedudukannya pada paksi mesin antara lain :

1. Poros frais, adalah perlengkapan mesin frais jenis horisontal yang gunanya sebagai tempat kedudukan pisau frais dan ditempat pada sumbu utama mesin (spindel). Alat ini bentuknya silindris panjang serta sepanjang badannya beralur untuk penempatan pasak. Bagian ujungnya berbentuk tirus (tirus *brown and sharpe*) dan ujung yang lainnya berulir. Bagian yang tirus itu berlubang dan berulir dan tempat pada lubang paksi dan diikat oleh baut pengikat. Poros ini selalu dilengkapi dengan cincin-cincin (*collar*) yang beralur pasak dan terpasang sepanjang poros. Cincin ini gunanya untuk mengikat pisau frais yang terpasang diantara cincin-cincin tersebut. Cincin yang akan ditahan oleh penahan poros ukurannya lebih besar daripada cincin yang lainnya dan dikerjakan dengan sangat hat-hati sehingga halus dan ukurannya tepat sama dengan lubang penahan poros. Jika kedudukan cincin dan poros longgar, maka akibatnya penyayatan pisau frais akan bergetar, putaran pisau tidak sentris, hasil penyayatan tidak rata dan lambat laun poros tersebut menjadi bengkok. Poros tipe A digunakan apabila jarak lengan

mesin frais horisontal pendek, sedangkan untuk poros tipe B digunakan bila jarak lengan pada mesin frais relatif lebih panjang. Poros tipe C adalah poros frais dengan bentuk pendek dan tidak bercincin; karenanya poros ini tidak ditahan oleh penahan poros. Penggunaanya ialah untuk memasang pisau frais yang bentuknya kecil. Pemasangan pisau ini pada poros tersebut dengan perantaraan sebuah baut pengikat.



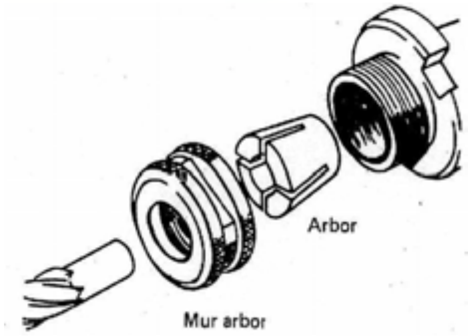
Gambar 3. 4. Poros frais bentuk A, b dan C

2. Kolet, digunakan untuk memegang/penjepit pisau frais jari atau pisau frais alur yang bertangkai tirus, komponen ini merupakan perlengkapan dari mesin frais jenis vertikal. Ada dua jenis kolet, yaitu kolet bikonikal, digunakan untuk memegang pisau frais silindris tanpa ulir dan kolet W digunakan untuk memegang pisau frais silindris berulir.



Gambar 3. 5*. Kolet*

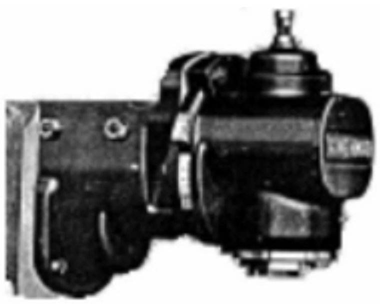
3. Sarung Pengurung (Arbor)**,** digunakan untuk memegang/kedudukan pisau frais jari atau alur berukuran besar yang bertangkai konis/tirus ditempatkan pada sumbu mesin (spindel) pada mesin frais jenis vertikal. Sarung arbor digunakan untuk mengunci pisau frais dan mur pengunci gunanya untuk mengunci pisau frais dan sarung arbor.



Gambar 3. 6. Arbor

Dalam pemakaiannya perlu diketahui dua unsur utama dari arbor, yaitu ukuran arbor dan jenis ulirnya. Ada dua jenis ukuran arbor yaitu arbor type A, adalah arbor yang berukuran pendek, tidak perlu didukung dan tidak melentur pada saat pemakaiannya. Arbor type B, adalah arbor yang berukuran panjang, perlu didukung dibagian ujungnya dikarenakan ukurannya panjang dan mudah melentur pada saat pemakaiannya. Sedangkan jenis ulir arbor adalah ulir kiri dan ulir kanan, secara umum arbor ada dua macam yaitu arbor panjang yang digunakan pada mesin frais horisontal dan arbor pendek digunakan pada mesin frais vertikal.

4. Kelengkapan frais vertikal (*Vertical Milling Attachment*), ditempatkan pada kolom dan spindel mesin frais vertikal atau universal. Kecepatan putaran spindel vertikal sama dengan kecepatan spindel horizontal. Perlengkapan ini digunakan untuk pengefraisan permukaan menyudut dengan memiringkan kepala. Kepala ini mampu disetel pada sudut-sudut antara 0^0 sampai 45^0 untuk pengefraisan vertikal kanan dan kiri.



Gambar 3. 7. Perlengkapan Tegak

C. Penggunaan alat bantu mesin frais

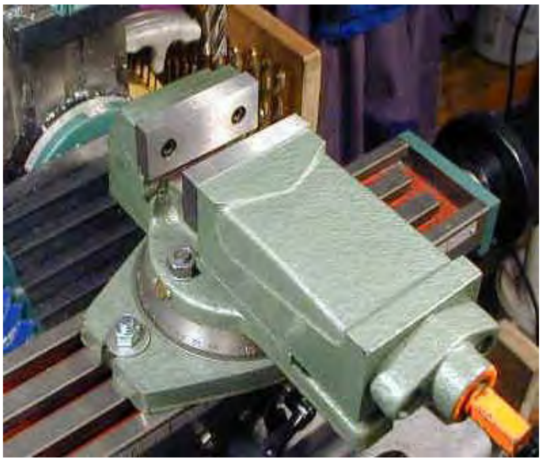
Pada mesin frais banyak sekali terdapat peralatan bantu yang digunakan untuk membuat benda kerja. Antara lain :

1. Ragum (catok), benda kerja yang akan dikerjakan dengan mesin frais harus dijepit dengan kuat agar posisinya tidak berubah waktu difrais. Berdasarkan gerakannya ragum dibagi menjadi 3 (tiga) jenis yaitu :
   a. Ragum biasa (P*lain Vise*), Ragum ini digunakan untuk menjepit benda kerja yang bentuknya sederhana dan biasanya hanya digunakan untuk mengefrais bidang datar saja.



Gambar 3. 8. Ragum Biasa

   b. Ragum berputar (*Swivel Base Vise*), ragum ini digunakan untuk menjepit benda kerja yang harus membentuk sudut terhadap spindel. Bentuk ragum ini sama dengan ragum biasa tetapi pada bagaian bawahnya terdapat alas yang dapat diputar 360^0



Gambar 3. 9. Ragum putar

c. Ragum universal (Universal Vise), ragum ini mempunyai dua sumbu perputaran, sehingga dapat diatur letaknya secara datar dan tegak.



Gambar 3. 10. Ragum universal

2. Pisau (cutter) mesin frais, pemilihan dan penggunaan pisau frais yang tepat harus dipraktekkan dalam upaya memperoleh hasil yang optimum. Selain pemilihan kecepatan spindel yang tepat, operator mesin perkakas harus mengetahui bagaimana unjuk kerja mesin frais pada penggunaan pisau frais dan kelonggaran yang berbeda-beda.

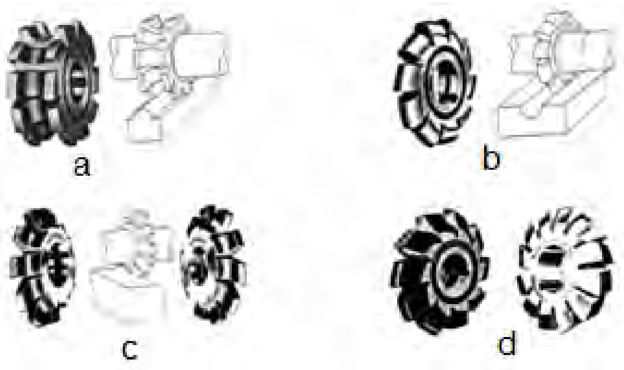
- **Jenis-jenis pisau frais**

  Pisau frais dibuat dalam bermacam-macam jenis dan ukuran. Secara garis besar, jenis-jenis pisau frais tersebut adalah:

  a. Pisau Mantel, digunakan untuk mengefrais permukaan datar, alur lebar yang dangkal dan frais bertangga. Terdapat pisau mantel bersisi potong lurus yang digunakan untuk pemakanan tipis dan pisau mantel bersisi potong spiral yang digunakan untuk pemakanan tebal dan pada benda kerja yang besar. Apabila bidang permukaan yang akan difrais lebar, digabungkan pasangan pisau mantel spiral yang mempunyai diameter sama dengan arah spiral yang berlawanan.

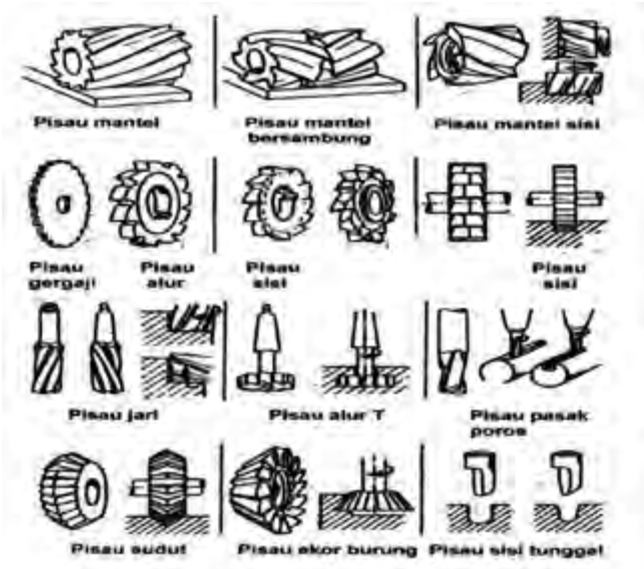
  b. Pisau Sudut, mempunyai mata potong yang paralel maupun tegak lurus terhadap poros pemakanan. Pisau sudut tunggal digunakan untuk mengefrais sudut pada sisi benda kerja, mengefrais sambungan ekor burung, mengefrais serong sudut benda kerja, mengefrais dan

mengefrais alur sudut yang lurus pada permukaan radial. Pisau sudut ganda digunakan untuk mengefrais alur V dan mengefrais alur spiral.



Gambar 3. 11. Berbagai Macam pisau Bentuk a. Pisau Cekung b. Pisau Cembung c. Pisau sudut bulat d. Pisau Roda Gigi,

c. Pisau Pembentuk, pisau bentuk digunakan untuk membentuk profil secara teliti dan hanya untuk tujuan khusus. Terdapat bermacam-macam jenis pisau pembentuk yang disesuaikan dengan fungsinya. Pisau roda gigi digunakan untuk membuat profil gigi dari roda gigi dengan menggunakan sistem modul dan diametral pitch. Pisau roda cacing digunakan untuk finishing roda gigi cacing. Pisau gigi rantai digunakan untuk membuat roda-roda rantai. Ukuran pisau tergantung pada jumlah gigi rantai yang akan dibuat. Pisau alur digunakan untuk membuat pasak luar pada poros. Pisau lengkung digunakan untuk membentuk bidang cembung. Pisau cekung digunakan untuk membentuk alur cekung. Pisau pembulat sudut digunakan untuk membentuk fillet pada sudut benda kerja. Pisau Pembentuk Peluas digunakan untuk membuat alur peluas.
d. Pisau Sisi dan Muka, pisau sisi dan muka mempunyai bentuk cakram dengan sisi potong pada tiap sisinya. Pisau ini digunakan untuk mengefrais bidang vertikal, mengefrais bertangga, mengefrais alur A, mengefrais V-90. mengefrais pasang sejajar, mengefrais bidang bawah dengan mesin vertikal.



Gambar 3. 12. beberapa jenis pisau frais

e. Pisau Gergaji, digunakan untuk memotong putar, membuang kelebihan logam sebelum proses frais membuat alur yang sempit dan membuat alur sudut.
f. Pisau Alur, digunakan untuk mengefrais alur, mengefrais alur pasak dan mengefrais bidang rata sempit. Bentuknya menyerupai pisau sisi dan muka hanya saja sisi potong hanya terdapat pada lingkarannya saja.
g. Pisau Muka, digunakan untuk menghasilkan permukaan yang rata pada mesin vertikal, meratakan tepi benda kerja pada mesin horisontal dan mengefrais alur dangkal dan mengefrais bertangga.
h. Pisau Jari, digunakan untuk mengefrais alur, mengefrais pasak, mengefrais bidang rata pada permukaan miring atau lengkung, mengefrais dudukan baut dan memperbaiki kesalahan letak lubang.
i. Pisau Alur T, dibuat dengan tangkai lurus atau tirus. Sisi potong terdapat pada tiap sisi. Alur T dikerjakan dengan terlebih dahulu membuat alur dengan frais jari, lalu bagian bawah diperlebar menggunakan pisau alur T.
j. Pisau Ekor burung, pisau ini digunakan untuk mengefrais sisi ekor burung. Ujung pemotong mempunyai pisau bersudut tunggal dengan diameter yang lebih kecil

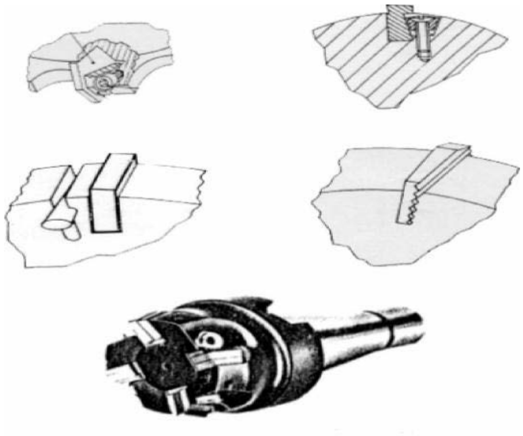
k. Pisau alur pasak benam, pemotongan alur menurut lingkaran dari pisau. Digunakan untuk membuat alur pasak cekung yang sama dengan ukuran pasak. Pemilihan diameter, lebar dan dalam dapat diperoleh pada diagram pisau.

- **Material pisau frais (*Cutter*)**

Bahan *cutter* sangat berpengaruh terhadap kemampuan cutter dalam menyayat benda kerja. Cutter mesin frais dibuat dari berbagai jenis bahan antara lain :

1. *Unalloyed tool steel*, adalah baja perkakas bukan paduan dengan kadar karbon 0,5 – 1,5% kekerasannya akan hilang jika suhu kerja mencapai 250^0C, oleh karena itu material ini tidak cocok untuk kecepatan potong tinggi.
2. *Alloy tool steel*, adalah baja perkakas paduan yang mengandung karbon kromium, vanadium dan molybdenum. Baja ini terdiri dari baja paduan tinggi dan paduan rendah. HSS (High Speed Steel) adalah baja paduan tinggi yang tahan terhadap keausan sampai suhu 600^0C
3. *Cemented carbide*, susunan bahan ini terdiri dari tungsten atau molybdenum, kobalt serta karbon. *Cemented Carbide* biasanya dibuat dalam bentuk *tip* yang pemasangannya dibaut pada holdernya (pemegang *cutter*). Pada suhu 900^0C bahan ini masih mampu memotong dengan baik, *cemented carbide* sangat cocok untuk proses pengefraisan dengan kecepatan tinggi. Dengan demikian waktu pemotongan dapat dipersingkat dan putaran yang tinggi dapat menghasilkan kualitas permukaan yang halus.

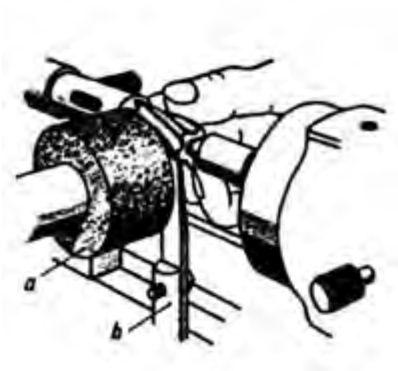
Pisau frais dapat dibedakan menjadi pisau frais solid dan pisau frais sisip (*insert*). Tipe solid dibuat dibuat dari material *solid* seperti HSS atau dibuat dari *carbon steel, alloy steel, atau HSS* dengan gigi cemented carbide yang dibrasing pada bodi pisau. Pada pisau frais sisip gigi-giginya dibuat dari *HSS, cast alloy,* atau *cemented carbide*. Body/tubuh untuk pisau *insert* biasanya dibuat dari alloy steel untuk menghemat ongkos. Pisau *insert* dapat dilepas apabila telah mengalami kerusakan/tumpul untuk diganti dengan yang baru



Gambar 3. 13. Pisau Sisip

- **Mengasah Pisau Frais**

Selama proses mengefrais berjalan, mata potong dari pisau frais akan semakin aus. Mata potong yang tumpul mengakibatkan ketidak akuratan benda kerja dan permukaan yang dihasilkan tidak bersih. Sehingga pisau frais perlu diasah pada pengasah pisau frais.



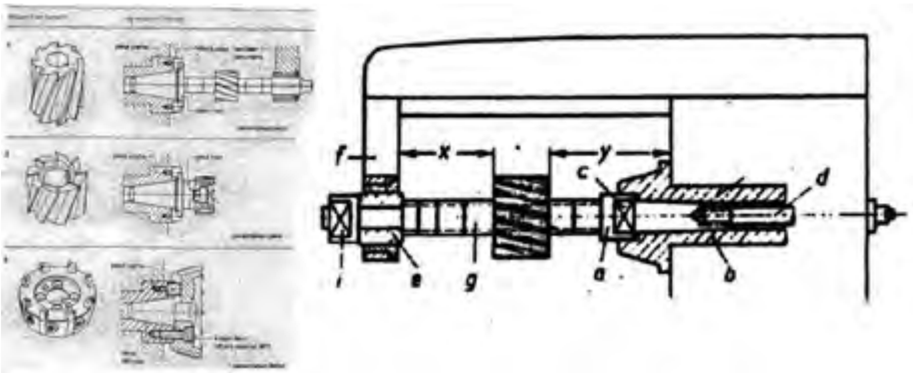
Gambar 3. 14. mengasah pisau frais

Selama proses penggerindaan, pisau ditekan pada tooth stay dengan menggunakan satu tangan. Tangan yang satunya menggerakkan meja dan cutter menuju batu gerinda cup wheel. Sehingga akhirnya semua gigi terasah secara bergantian.

- **Memasang Pisau Frais**

Pisau frais harus dapat berputar tanpa adanya hentakan, sehingga mata potongnya tidak cepat mengalami aus. Selain itu pisau potong

yang tidak berputar dengan benar akan mengakibatkan perbedaan kedalaman pemakanan. Pemasangan harus pisau frais harus dilakukan secara cermat dan hati-hati.

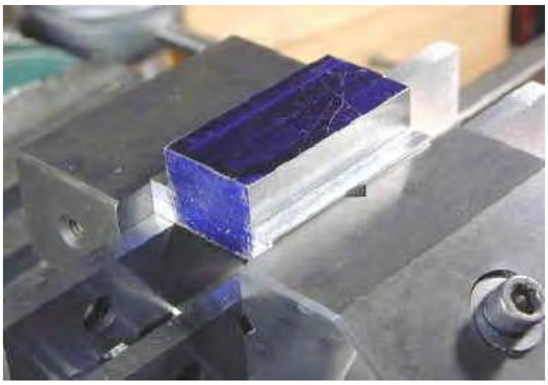


Gambar 3. 15. memasang pisau pada mesin frais horisontal

3. Paralel, merupakan lempengan logam yang berbentuk empat persegi panjang yang terbuat dari baja tahan karat digunakan untuk menyangga benda kerja sewaktu dijepit pada ragum mesin frais

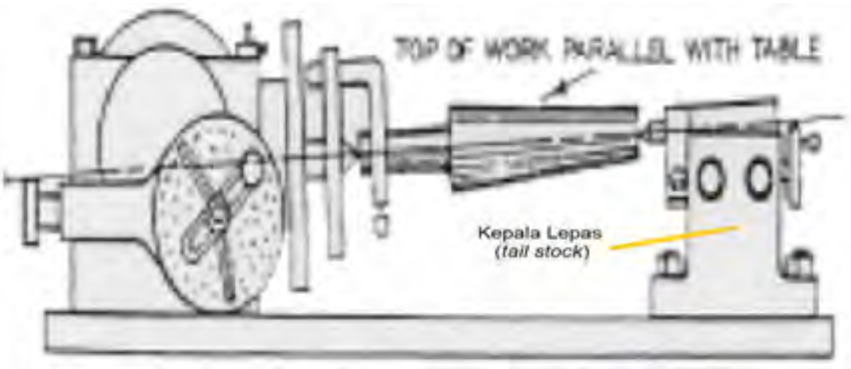


Gambar 3. 16. Paralel



Gambar 3. 17. penggunaan paralel

4. Kepala lepas, Alat ini digunakan untuk menyangga benda kerja yang dikerjakan dengan dividing head. Sehingga waktu disayat benda kerja tidak terangkat atau tertekan ke bawah.



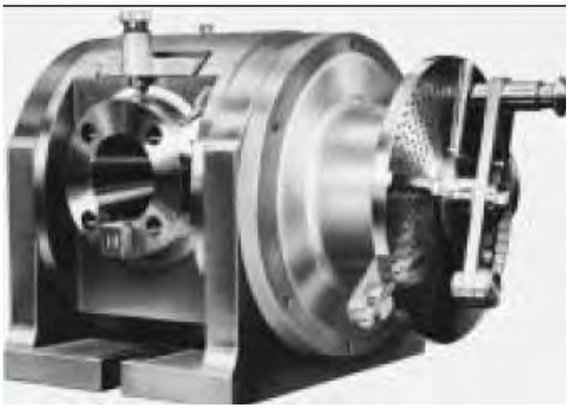
Gambar 3. 18. Operasi kepala lepas

5. Adaptor, komponen ini adalah tempat dudukan (pengikatan) cutter sebelum dimasukkan ke sarung tirus pada sumbu utama digunakan pada mesin tipe vertikal.



Gambar 3.19. Adaptor

6. Kepala pembagi (Dividing Head), adalah peralatan mesin frais yang digunakan untuk membentuk segi-segi yang beraturan pada poros yang panjang. Pada peralatan ini biasanya dilengkapi dengan plat pembagi yang berfungsi untuk membantu pembagian yang tidak dapat dilakukan dengan pembagian langsung.



Gambar 3. 20. Kepala pembagi (*dividing head*) untuk membuat segi banyak dan roda gigi

7. Meja putar (*rotary table*), digunakan untuk membagi segi-segi beraturan misalnya kepala baut. Disamping itu juga dapat digunakan untuk membagi jarak-jarak lubang yang berpusat pada satu titik misalnya membagi lubang baut pengikat pada flendes.



Gambar 3.21. Rotary table

8. Blok V (V-Block), Blok V digunakan untuk memegang benda kerja berbentuk bundar. Diameter benda kerja menentukan ukuran dari Blok V yang digunakan. Beberapa Blok V dilengkapi dengan Klem berbentuk U untuk memegang benda kerja dengan aman.



Gambar 3. 22. Blok V

9. Klem penjepit, biasanya alat ini digunakan apabila dimensi benda kerja/produk yang kita kerjakan tidak dapat dijepit pada ragum

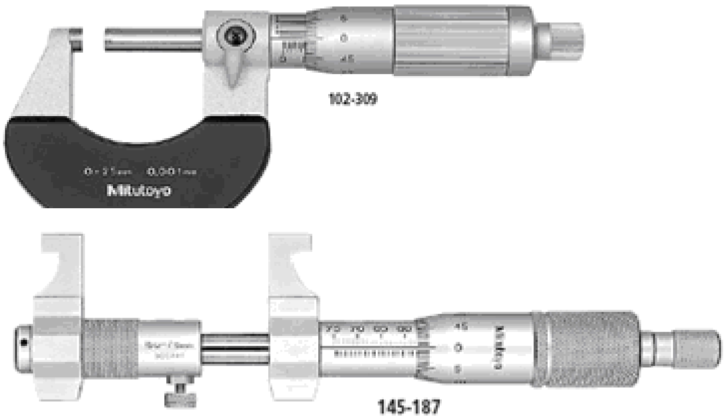


Gambar 3. 23. Klem penjepit

10. Alat Ukur, digunakan untuk mengukur dimensi benda kerja/produk yang dikerjakan. Umumnya alat ukur yang sering digunakan adalah jangka sorong dan mikrometer sesuai dengan tingkat ketelitian serta fungsi yang dibutuhkan.



Gambar 3. 24. Jangka sorong



Gambar 3. 25. mikrometer

▪ **Pemasangan alat Bantu**

a) Ragum, berikut ini merupakan langkah-langkah dalam memasang ragum, antara lain :

1. Periksalah ragum dalam kondisi baik dan bersih.
2. Usahakan pemasangan ragum berada ditengahtengah benda kerja, hal ini bertujuan untuk mendapatkan keleluasaan kerja.
3. Luruskan lubang baut pengikat agar bertepatan dengan alur meja mesin.
4. Kencangkan baut-baut pengikat. Sebelum baut-baut terikat dengan kuat, pastikan bahwa bibir ragum benar-benar tegak lurus atau sejajar dengan pergerakan meja. Untuk mengecek kesejajaran ragum tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan dial indikator dengan langkah-langkah sebagai berikut :
   a. Ikatlah ragum dengan salah satu baut pengunci dan ingat pengikatanya jangan terlalu keras (sebelum kedudukan baut benar-benar tegak lurus, jangan kencangkan baut-baut pengikatnya.
   b. Pasang pararel pada ragum, kemudian pasang blok magnet pada badan mesin.
   c. Kenakan sisi penggerak jarum pada sisi pararel.
   d. Gerakan meja mesin sejalan dengan sisi pararel yang dipasang pada ragum.

e. Pukulah ragum dengan palu lunak sedikit demi sedikit apabila jarum pada dial indikator bergerak. gerakkan meja mesin berulang kali dan bila dari ujung ke ujung jarum sudah tidak bergerak, kemudian baut-baut pengikat ragum dikencangkan semua, tapi ingat dalam mengencangkan ragum jangan sampai merubah posisi dari ragum tersebut.

b) Kepala pembagi (*Dividing Head)*, pemasangan kepala pembagi harus sejajar dengan meja mesin karena kalau tidak benda kerja yang dihasilkan akan miring. Oleh karena itu pada waktu memasang jarak tepi dividing head harus sama bila diukur dari tepi meja. Untuk lebih tepatnya dalam mancari kesejajaran kepala pembagi terhadap merja mesin dapat digunakan prosedur pengukuran seperti dibawah ini :

1. Pastikan mandril dan lubang spindel dalam keadaan bersih kemudian masukkan mandril dan dalam lubang spindel.
2. Lepaskan hubungan gigi spindle dengan sumbu cacing.
3. Stell jam penunjuk diatas meja mesin, sambil spindel diputar dan teliti jam penunjuknya. Jika jarum bergerak berarti belum sentris.
4. Geser jam penunjuk mendekati spindel dan perhatikan angka yang ditunjukkan oleh jarumnya, kemudian jam penunjuk digeser lagi ke arah mandrel sambil diputar spindelnya .
5. Kerjakan langkah ini secara berulang-ulang sampai angka jam menunjukkan angka yang tetap untuk keduan ujungnya. setelah jam penunjuk tidak bergerak sama sekali waktu digeser maka setting kedataran telah selesai dan kencangkan semua baut-baut pengikatanya.

D. Pemilihan Bahan

Beberapa faktor dalam memilih material atau bahan yang akan digunakan adalah :

1. Bentuk komponen yang akan dibentuk
2. Toleransi ukuran benda
3. Sifat mekanik
4. Harga bahan
5. Harga *processing*

Sedangkan pemilihan bahan untuk kebutuhan khusus harus mempertimbangkan :

- Kemampuan bahan saat dipakai
- Cara pembentukannya
- Harga keseluruhan dari bahan dan pembentukan

Dengan mengetahui bahan yang akan disayat maka kita akan dapat menentukan kecepatan potong. Kecepatan potong dari suatu bahan tidak dapat dihitung secara matematis melainkan hanya dapat diketahui dengan melihat pada tabel dari buku referensi bahan tersebut. Berikut ini adalah tabel 3.1 kecepatan potong beberapa material.

Tabel 3.1.

Kecepatan potong bahan teknik

No	Bahan Benda kerja	Vc (m/menit)
1	Kuningan, Perunggu keras	30 – 45
2	Besi tuang	14 – 21
3	Baja >70	10 – 14
4	Baja 50-70	14 – 21
5	Baja 34-50	20 – 30
6	Tembaga, Perunggu lunak	40 – 70
7	Alumunium murni	300 – 500
8	plastik	40 - 60

E. Merancang gambar kerja

Gambar kerja adalah “bahasa teknik” dalam bentuk lambang-lambang yang dipergunakan untuk memberikan informasi mengenai bentuk, ukuran, jumlah dan cara membuat suatu benda Gambar yang dipergunakan sebagai informasi tersebut, dalam bidang teknik mesin dibuat dengan mengikuti standar dan ketentuan yang ada, seperti standar ISO. Pada umumnya gambar kerja yang ditunjukkan pada lembar pengerjaan (*Job Sheet)* dapat berupa gambar persepktif atau gambar proyeksi. gambar perspektif merupakan gambar yang menunjukkan suatu benda dengan 3 (tiga) dimensi, sedangkan gambar proyeksi

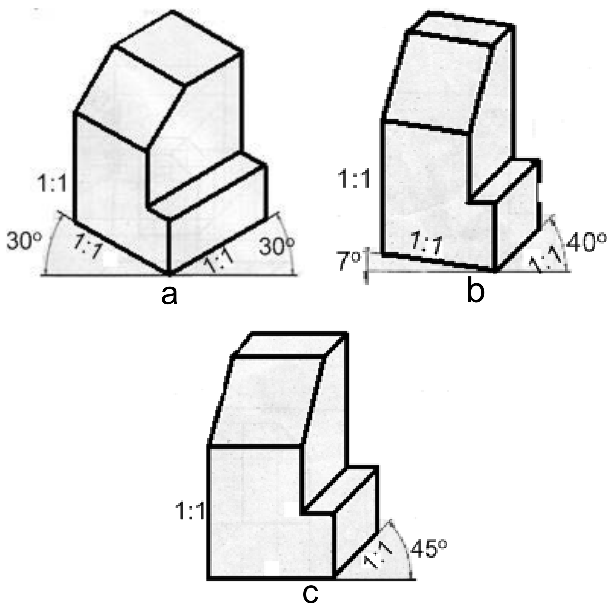
merupakan gambar yang menunjukkan satu sisi pandang dari benda yang akan dikerjakan, gambar proyeksi ini lebih sering ditampilkan mengingat lebih tepat menunjukkan ukuran-ukuran dari setiap bagian benda. Beberapa hal dasar dalam gambar kerja yang harus dipahami antara lain :

1. Garis-garis gambar

Tabel
3.2. Garis-Garis Gambar

No	Nama Garis	Gambar	Penggunaan
(1)	Tebal kontinu		- Garis tepi - Garis nyata
(2)	Tipis kontinu		- Garis berpotongan - Garis ukur - Garis proyeksi - Garis penunjukkan - Garis arsir - Garis ulir - Garis sumbu pendek
(3)	Tipis kontinu bebas		- Garis batas dari potongan benda
(4)	Garis strip tebal		- Garis nyata terhalang - Garis tepi terhalang
(5)	Garis strip tipis		- Garis nyata terhalang - Garis tepi terhalang
(6)	Garis strip titik tipis		- Garis sumbu - Garis simetri - Garis Lintasa
(7)	Garis strip titik tipis yang ujung dan sudutnya tebal		- Garis (bidang) potong
(8)	Garis strip titik tebal		Penunjukkan permukaan yang harus mendapat penanganan khusus
(9)	Garis strip titik ganda tipis		- Bagian yang berdampingan - Batas kedudukan benda bergerak - Garis sitem (pada baja profil) - Bentuk awal (sebelum dibentuk) - Bagian benda yang berada di depan bidang potong

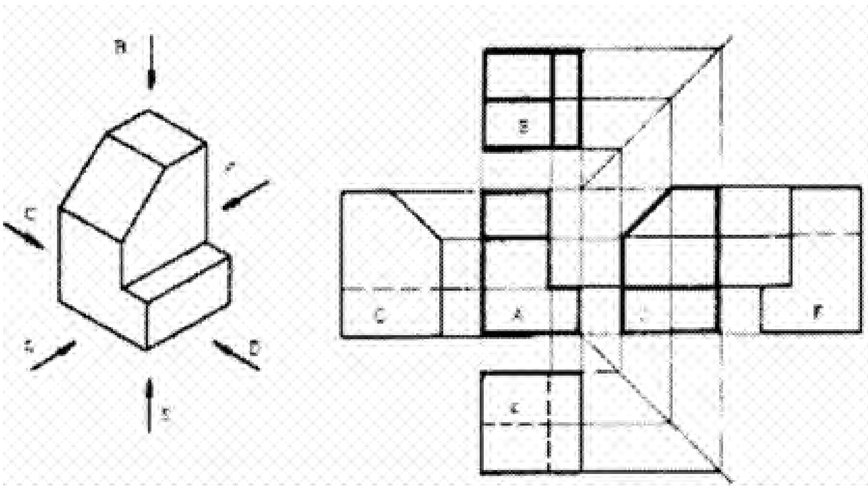
2. Gambar Perspektif dan Proyeksi



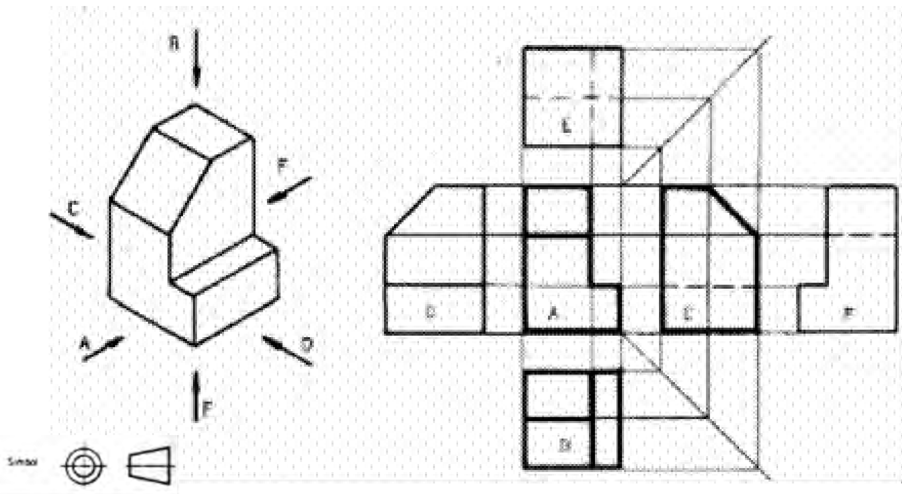
Gambar 3. 26. Gambar perspektif

(a). perspektif isometrik, (b) perspektif denetrik dan

(c) perspektif kovalir



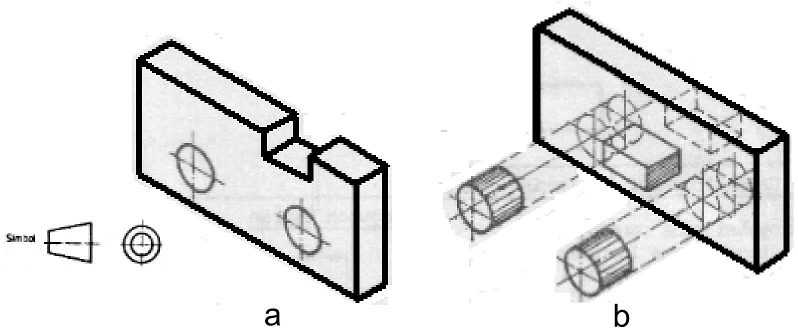
Gambar 3 27. proyeksi amerika



Gambar 3 28. proyeksi eropa

3. Pemberian ukuran pada gambar

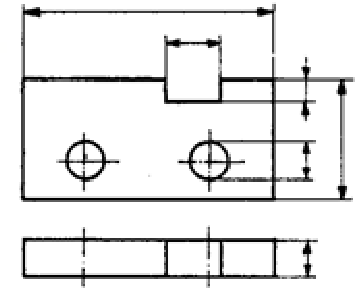
a. Penunjukkan bagian benda



Gambar 3. 29. (a) Penunjukan bagian benda yang nyata terlihat
(b) Penunjukan bagian benda yang diuraikan

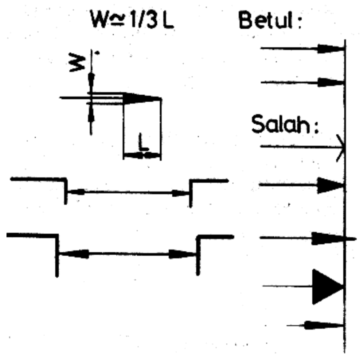
b. Penunjukkan ukuran besaran

Ukuran besaran benda terdiri dari ukuran panjang, lebar, tinggi secara menyeluruh.



Gambar 3.30. Penunjukan ukuran besaran

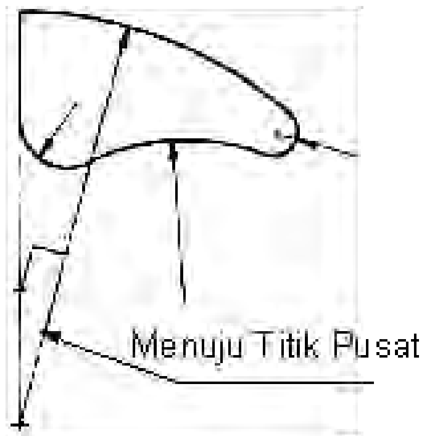
c. Tanda anak panah



Gambar 3 31. Tanda anak panah

d. Penunjukkan ukuran radius

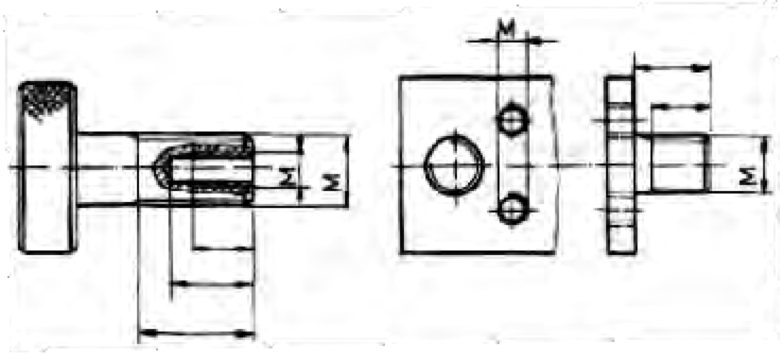
Garis yang menunjukkan ukuran radius dari suatu benda, mengarah ke atau dari titik pusat radius tersebut.



Gambar 3 32. Penunjukan ukuran radius

e. Penunjukkan ukuran ulir

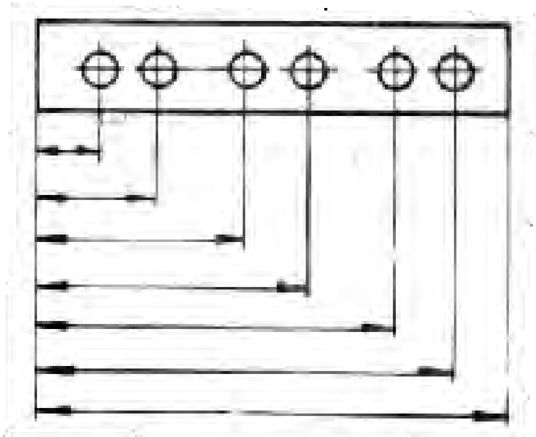
Ukuran ulir seperti gambar berikut ditulis dengan kode ukuran M untuk ulir Metrik atau W untuk ulir Witworth.



Gambar 3 33. Penunjukan ukuran ulir

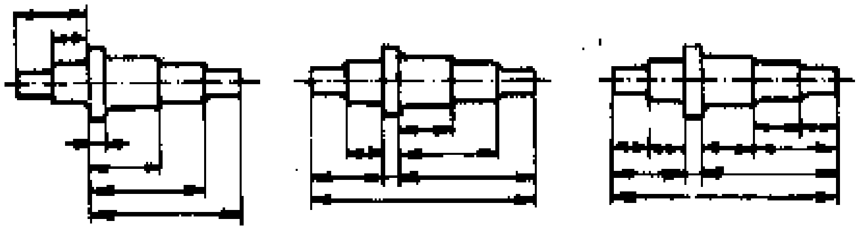
f. Penunjukkan ukuran sejajar

Ukuran sejajar memberikan pengertian bahwa bidang lain selalu di ukur dari bidang patokan.



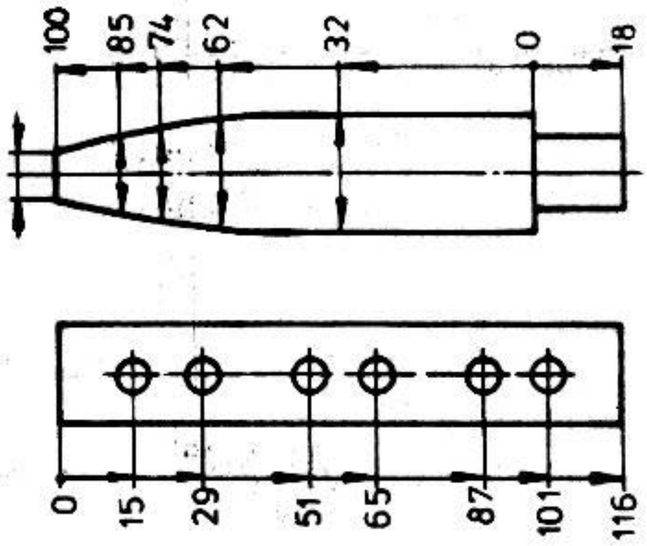
Gambar 3 34. Penunjukan ukuran sejajar

g. Penunjukkan ukuran gabungan



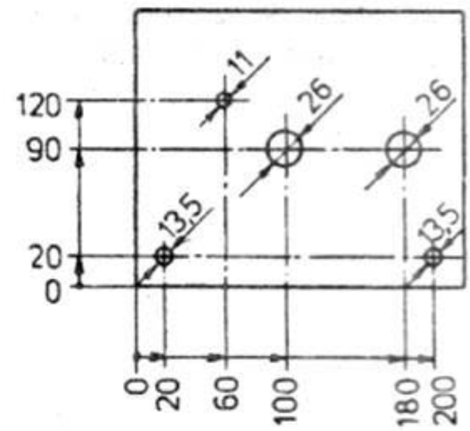
Gambar 3 35. Penunjukan ukuran gabungan

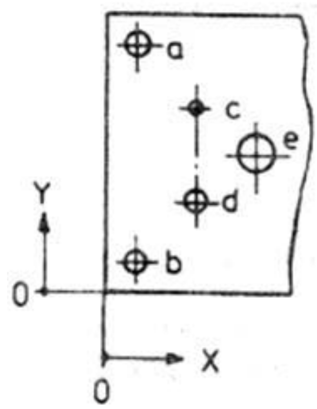
h. Penunjukkan ukuran ber *step*



Gambar 3 36. Penunjukan ukuran ber *step*

i. Penunjukkan ukuran sistem koordinat



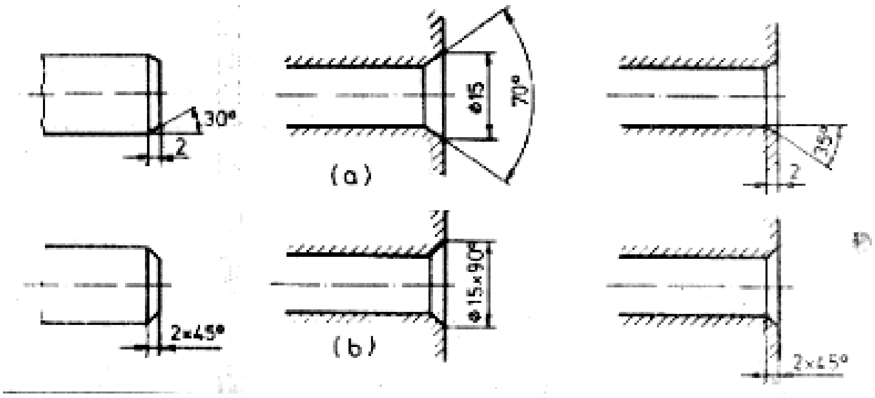


	a	b	c	d	e
X	20	20	60	60	100
Y	160	20	120	60	90
φ	15,5	13,5	11	13,5	26

Gambar 3 37. Penunjukan ukuran koordinat

j. *Chamfer*

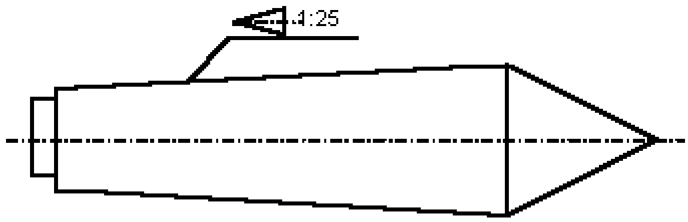
Untuk *chamfer* yang ukurannya melebihi 1 x 45° pada umumnya dicantumkan pada gambar benda .



Gambar 3 38. Chamfer

k. Penunjukkan ketirusan

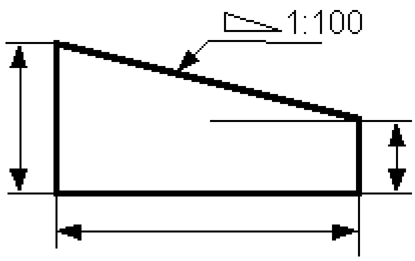
Bidang tirus ditunjukkan dengan lambang .



Gambar 3 39. Penunjukan ketirusan

l. Penunjukkan pendakian

Bidang mendaki ditunjukkan dengan lambang .



Gambar 3 40. Penunjukkan pendakian

4. Toleransi, merupakan batas ukuran yang menyimpang dari ukuran nominal yang dipersyaratkan. Hal ini dikarenakan bagian-bagian

benda yang satu dengan yang lainnya harus dapat dipasang-pasang menjadi suatu susunan benda jadi yang lengkap ataupun karena keterbatasan/kondisi mesin yang belum dapat dioptimalkan.

Beberapa pengertian mengenai ukuran toleransi ini adalah :

- **Ukuran Nominal (N)** adalah ukuran tertulis pada gambar yang dibaca tanpa toleransi.
- **Toleransi (T)** adalah batasan penyimpangan ukuran dari ukuran nominal. Penyimpangan tersebut dapat membesar atau mengecil dari ukuran nominal.
- **Penyimpangan mengecil (L)** adalah batasan ukuran terkecil yang diperbolehkan dari ukuran nominal.
- **Penyimpangan membesar (U)** adalah batasan ukuran terbesar yang diperbolehkan dari ukuran nominal.
- **Garis penunjukkan dasar** adalah garis nol yang dinyat akan dengan ukuran nominal ± 0,000.
- **ukuran sesungguhnya** adalah ukuran yang diperoleh dari hasil pengukuran setelah benda kerja selesai dikerjakan

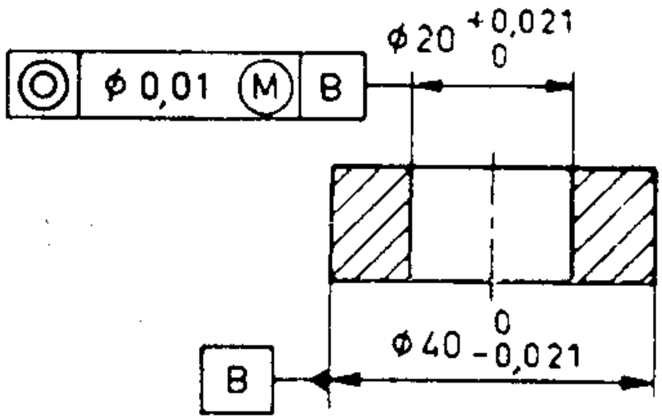
Toleransi ini meliputi toleransi umum, toleransi khusus/ suaian, dan toleransi geometris. Jika pada gambar benda kerja tidak dicantumkan ukuran dengan toleransi khusus, maka pada bagian benda tersebut diukur berdasarkan toleransi.

- **Toleransi umum**, dikategorikan menjadi toleransi kasar, sedang, dan halus. Dalam hal ini nilainya : toleransi kasar dua kali toleransi sedang dan toleransi sedang dua kali toleransi halus misalnya, toleransi halus sebesar 0,05 mm, pada dimensi/ukuran yang sama toleransi sedangnya sebesar 0,1 mm, dan toleransi kasarnya 0,2 mm.
- **Toleransi khusus**, besarnya penyimpangan ukuran ditunjukan dibelakang ukuran nominalnya, misalnya panjang 100 + 0,2 , artinya - 0,1ukuran panjang yang diperbolehkan antara 99,9 sampai dengan 100,2 mm

Tabel 3.3.
Toleransi umum

Toleransi untuk ukuran panjang bebas dalam mm (DIN 7168)								
Tingkat Ketelitian	…6	>6 …30	>30 …100	>100 …300	>300 …1000	>1000 …2000	>2000 …4000	>4000
halus	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5		
sedang	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3
kasar	±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4	±5
sangat kasar	±0,5	±1	±1,5	±2	±3	±5	±8	±10

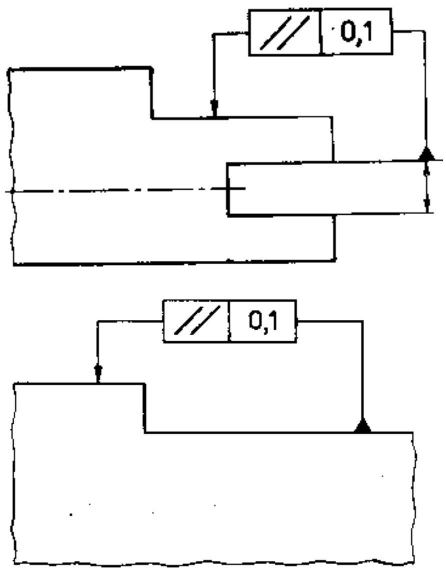
- **Toleransi Geometris,** merupakan toleransi yang kadang disyaratkan juga mengenai bentuk dan tempat/posisi dari satu bagian benda terhadap bagian lain



Gambar 3 41. Penunjukan toleransi tempat/posisi lubang

Cara membaca gambar

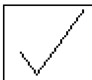
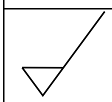
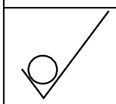
Jika ukuran lubang sebenarnya 20,02 mm, maka ukuran ini masih terletak 20,02-20,00 = 0,20 mm, dari keadaan bahan maksimum. Jadi, toleransi tempat harus dibaca ; lubang ∅ 20 + 0,021 harus terletak konsentris dalam toleransi sebesar 0,01 +0,02 = 0,03 mm terhadap bidang referensi B



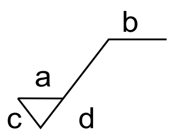
Gambar 3. 42. Penunjukan toleransi kesejajaran 0,1 mm.

5. Tanda pengerjaan, merupakan tanda yang berbentuk simbol sebagai isyarat bagaimana benda kerja tersebut harus dikerjakan dan dengan cara apa mengerjakannya.

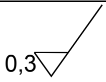
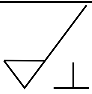
Tabel 3.4.
Simbol-simbol tanpa perintah tambahan

	Simbol dasar yang tidak mempunyai arti untuk pengerjaan.
	Permukaannya harus dikerjakan, simbol pokok ditambah garis mendatar.
	Permukaannya tidak boleh dikerjakan sedikitpun.

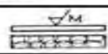
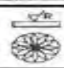
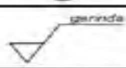
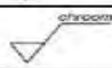
Tabel 3.5.
Penempatan perintah, kekasaran dan simbol

	a = harga kekasaran b = cara/proses pengerjaan c = ukuran yang dilebihkan d = arah alur/ serat bekas pengerjaan

Tabel 3.6.
Simbol-simbol dengan tambahan perintah pengerjaan

	Harus diberi ukuran kelebihan sebesar 0,3 untuk pengerjaan berikutnya.
	Arah alur/serat permukaan bekas pengerjaan dengan mesin : ⊥ ; X ; M ; C ; R.

Tabel 3.7.
Simbol-simbol arah pengerjaan

Tanda	Arti	Contoh
II	Arah bekas pengerjaan sejajar garis dimana simbol ditempatkan.	
⊥	Arah pengerjaan tegak lurus garis dimana simbol ditempatkan.	
X	Arah bekas pengerjaan menyilang garis dimana simbol ditempatkan.	
M	Arah bekas pengerjaan tidak teratur.	
C	Arah bekas pengerjaan melingkar terhadap garis kerja.	
R	Arah bekas pengerjaan relatif radial terhadap sumbu bidang.	
Proses pengerjaan akhir adalah digerinda.		
Proses pengerjaan akhir adalah dilapisi krom.		

6. **Nilai Kekasaran, adalah** penyimpangan rata–rata aritmetik dari garis rata-rata Profil.(ISO 1302-1978). Fungsinya untuk menetapkan harga rata-rata kekasaran permukaan.

Lambang kekasaran permukaan

Setiap permukaan dari benda kerja yang telah mengalami proses permesinan seperti proses pembubutan, penyekrapan, pengefraisan, akan mengalami perubahan kontur permukaan jika diraba akan terasa halus atau kasar, hal ini dinamakan kekasaran permukaan dimana untuk besarnya di nyatakan dalam huruf N, dari N 1 yang paling halus sampai N 12 yang paling kasar dengan arah bekas pengerjaan yang tertentu dengan simbol tertentu pula,dari hal tersebut diatas dapat ditentukan nilai kekasaran permukaan

pada level tertentu, apakah benda kerja tersebut mengkilap,halus, maupun kasar

Tabel 3.8.
Simbol-simbol dengan perintah tambahan

N6	Harga kekasaran yang harus dicapai setelah dikerjakan adalah N6.
N6	Harga kekasaran yang harus dicapai sebelum. mendapat pengerjaan lebih lanut adalah N6.
N6	Harga kekasaran yang harus dicapai tanpa dikerjakan sedikitpun.

Tabel 9.
Nilai kekasaran permukaan

Kekasaran (R_a) (μm)	Tingkat Kekasaran	Panjang Sampel (μm)
50 25	N12 N11	8
12,5 6,3	N10 N9	2,5
3,2 1.6 0.8 0.4	N8 N7 N6 N5	0.8
0.2 0.1 0.05	N4 N3 N2	0.25
0.025	N1	0.08

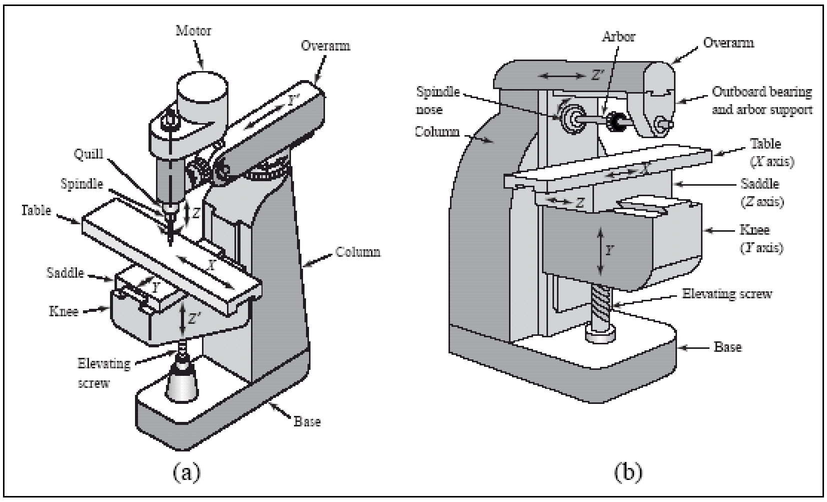
F. Proses pengerjaan komponen

Proses pemesinan frais (*milling*) adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pisau ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa

berbentuk datar, menyudut, atau melengkung, bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk. Pengoperasian mesin frais pada dasarnya sama dengan pengoperasian mesin perkakas lainnya. Mesin frais digunakan untuk membuat benda-benda kerja dengan berbagai bentuk tertentu dengan jalan penyayatan. Dari berbagai mesin perkakas yang ada, mesin frais-lah yang mampu digunakan untuk membuat berbagai macam bentuk bidang pada komponen.

Diperlukan langkah-langkah sistematis sebelum mengoperasikan mesin frais. Langkah-langkah tersebut antara lain :

1. Mempelajari gambar kerja untuk menentukan langkah kerja yang efektif dan efesien.
2. Menentukan karakteristik bahan yang akan dikerjakan untuk menentukan jenis cutter dan media pendingin yang akan digunakan.



Gambar 3.43. Komponen utama dari (a) mesin frais vertical tipe *column and knee* (b) Mesin frais horisontal tipe *column and knee.*

3. Menetapkan kualitas hasil penyayatan yang diinginkan.
4. Menentukan geometri cutter yang digunakan
5. Menentukan alat bantu yang dibutuhkan didalam proses.
6. Menentukan roda-roda gigi pengganti apabila dikehendaki adanya pengerjaan-pengerjaan khusus.

7. Menentukan parameter-parameter pemotongan yang berpengaruh dalam prosese pengerjaan (kecepatan potong, kecepatan sayat, kedalaman pemakanan, waktu pemotongan dll).

Untuk mempermudah langkah-langkah tersebut dapat dibantu dengan menggunakan tabel perencanaan produksi seperti di bawah ini:

Tabel 3.10.
Perencanaan Proses Produksi

Urutan Proses	Rencana proses	Alat yang dibutuhkan	Parameter Pemotongan					Alat ukur yang digunakan
			cs	n	feed	Dalam pemotongan	Waktu produksi	
1								
2								
3								
dst								

Urutan proses: Merupakan tahap-tahap operasional pembuatan produk.

Rencana Proses: Berisi tentang proses apasaja yang akan dilakukan pada tahap itu.

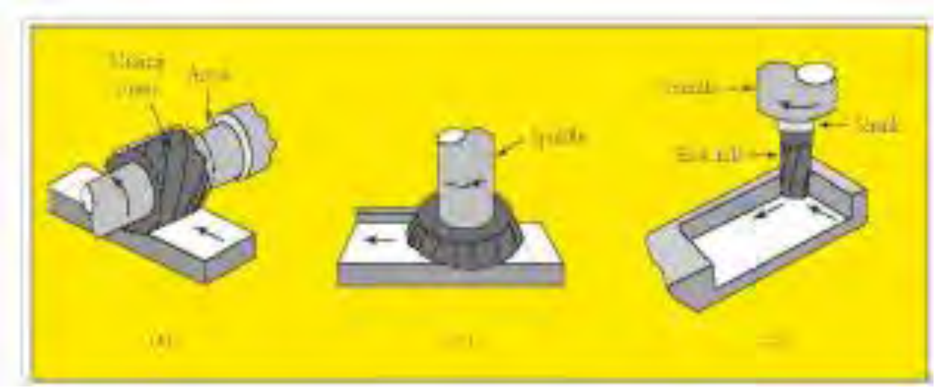
Alat yang Dibutuhkan: Dalam kolom ini alat-alat yang diperkirakan dan direncanakan untuk digunakan pada proses pembubutan hendaknya disiapkan seawal mungkin.

Parameter Pemotongan. Parameter pemotongan diperlukan agar proses produksi dapat berlangsung sesuai dengan prosedur perencanaan.

Untuk melaksanakan langkah-langkah diatas, kita terlebih dulu harus dapat menghidupkan mesin. Setiap mesin mempunyai bagian sendiri-sendiri yang digunakan untuk menghidupkan mesin, sebagai contoh kita harus mengaktifkan saklar aliran listrik dengan menekan swit "on" untuk mengalirkan arus listrik, sedangkan untuk mematikan kita cukup menekan *switch "off"* maka dengan demikian putaran mesin akan berhenti, bermacam-macam cara menghidupkan mesin tetapi pada prinsipnya cara menghidupkan semua mesin frais adalah sama.

1. Klasifikasi Proses Frais

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam 3 (tiga) jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pisau, arah penyayatan, dan posisi relatif pisau terhadap benda kerja (Gambar 3. 44).



Gambar 3.44. Tiga klasifikasi proses frais : (a) Frais periperal (*slabmilling*), (b) frais muka (*face milling*), dan (c) frais jari (*end milling*).

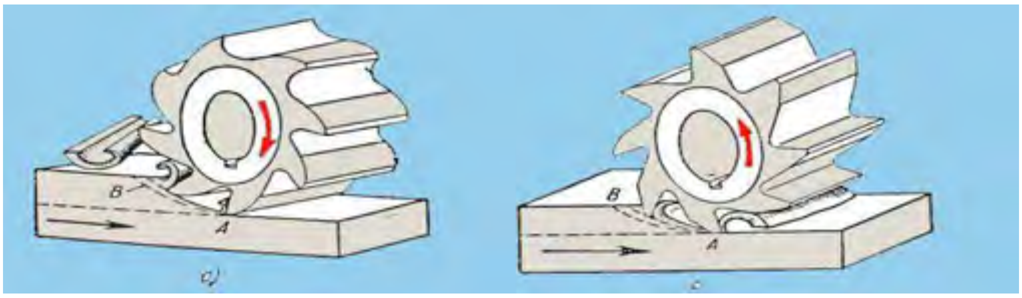
a. Frais Periperal (*Slab Milling*), proses frais ini disebut juga *slab milling*, permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pisau yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pisau biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat.

b. Frais Muka (*Face Milling*), pada frais muka, pisau dipasang pada spindel yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pisau.

c. Frais Jari (End Milling), Pisau pada proses frais jari biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja. Pisau dapat digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pisau terletak pada selubung pisau dan ujung badan pisau.

2. Metode Proses Frais

Metode proses frais ditentukan berdasarkan arah relatif gerak makan meja Mesin Frais terhadap putaran pisau (Gambar 3.45. a dan b). Metode proses frais ada dua yaitu frais naik dan frais turun.



Gambar3. 45. (a)Frais naik (*up milling*)
dan (b) frais turun (*down milling*).

a. **Frais Naik (*Up Milling*), f**rais naik biasanya disebut frais konvensional (*conventional milling*). Gerak dari putaran pisau berlawanan arah terhadap gerak makan meja Mesin Frais (Gambar 45). Sebagai contoh, pada proses frais naik apabila pisau berputar searah jarum jam, benda kerja disayat ke arah kanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal. Proses frais ini sesuai untuk Mesin Frais konvensional/manual, karena pada mesin konvensional *backlash* ulir transportirnya relatif besar dan tidak dilengkapi *backlash compensation.*
b. **Frais Turun (Down Milling),** proses frais turun dinamakan juga *climb milling*. Arah dari putaran pisau sama dengan arah gerak makan meja Mesin Frais. Sebagai contoh jika pisau berputar berlawanan arah jarum jam, benda kerja disayat ke kanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis. Proses frais ini sesuai untuk Mesin Frais CNC, karena pada mesin CNC gerakan meja dipandu oleh ulir dari bola baja, dan dilengkapi *backlash compensation*. Untuk Mesin Frais konvensional tidak direkomendasikan melaksanakan proses frais turun, karena meja mesin fais akan tertekan dan ditarik oleh pisau.

Proses pemesinan dengan Mesin Frais merupakan proses penyayatan benda kerja yang sangat efektif, karena pisau frais memiliki sisi potong jamak. Apabila dibandingkan dengan pisau bubut, maka pisau frais analog dengan beberapa buah pisau bubut (Gambar 46). Pisau frais dapat

melakukan penyayatan berbagai bentuk benda kerja, sesuai dengan pisau yang digunakan. Proses meratakan bidang, membuat alur lebar sampai dengan membentuk alur tipis bisa dilakukan oleh pisau frais.



Gambar3.46. Pisau frais identik dengan beberapa pahat bubut

3. Jenis Mesin Frais

Mesin Frais konvensional yang digunakan dalam proses pemesinan ada 3 (tiga) jenis, yaitu :

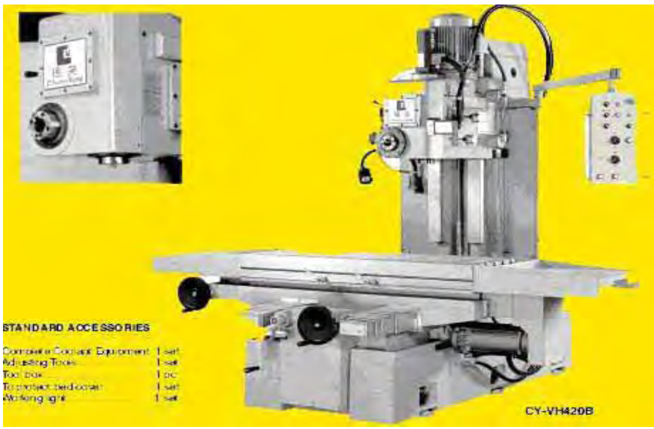
a. *Column and knee milling machines*
b. *Bed type milling machines*
c. *Special purposes*

Mesin jenis *column and knee* dibuat dalam bentuk Mesin Frais vertikal dan horisontal (lihat Gambar 47). Kemampuan melakukan berbagai jenis pemesinan adalah keuntungan utama pada mesin jenis ini. Pada dasarnya pada mesin jenis ini meja (*bed*), sadel, dan lutut (*knee*) dapat digerakkan. Beberapa asesoris seperti cekam, meja putar, kepala pembagi menambah kemampuan dari Mesin Frais jenis ini. Walaupun demikian mesin ini memiliki kekurangan dalam hal kekakuan dan kekuatan penyayatannya. Mesin Frais tipe bed (*bed type*) memiliki produktivitas yang lebih tinggi dari pada jenis Mesin Frais yang pertama. Kekakuan mesin yang baik, serta tenaga mesin yang biasanya relatif besar, menjadikan mesin ini banyak digunakan pada perusahaan manufaktur (Gambar 48). Mesin Frais tersebut pada saat ini telah banyak yang dilengkapi dengan pengendali CNC untuk meningkatkan produktivitas dan fleksibilitasnya.

.

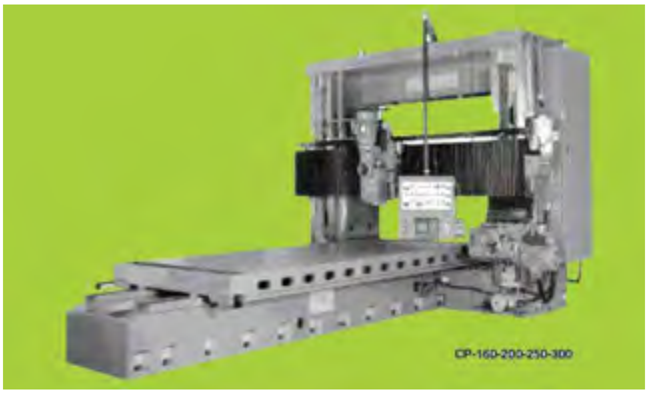


Gambar 3 47. Mesin Frais tipe *column* and *knee*



Gambar 3. 48. Mesin Frais tipe *bed*

Produk pemesinan di industri pemesinan semakin kompleks**,** maka Mesin Frais jenis baru dengan bentuk yang tidak biasa telah dibuat. Mesin Frais tipe khusus ini (contoh pada Gambar 49), biasanya digunakan untuk keperluan mengerjakan satu jenis penyayatan dengan produktivitas/duplikasi yang sangat tinggi. Mesin tersebut misalnya Mesin Frais profil, Mesin Frais dengan spindel ganda (dua, tiga, sampai lima spindel), dan Mesin Frais planer. Dengan menggunakan Mesin Frais khusus ini maka produktivitas mesin sangat tinggi, sehingga ongkos produksi menjadi rendah, karena mesin jenis ini tidak memerlukan *setting* yang rumit.



Gambar 3. 49. Mesin Frais tipe khusus (*special purposes*). Mesin Frais dengan dua buah spindel.

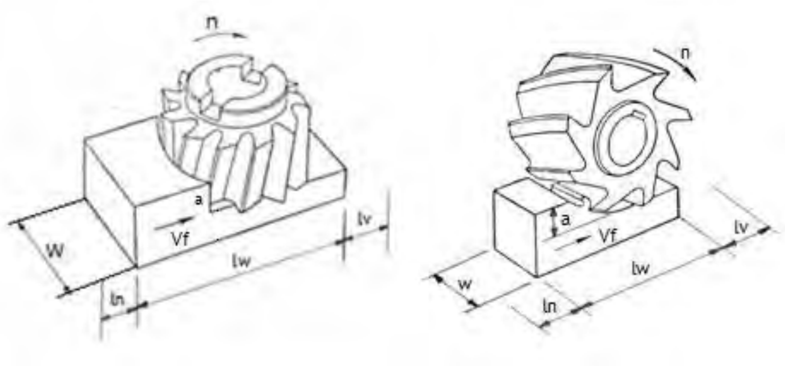
Selain Mesin Frais manual, pada saat ini telah dibuat Mesin Frais dengan jenis yang sama dengan mesin konvensional tetapi menggunakan kendali CNC (*Computer Numerically Controlled*). Dengan bantuan kendali CNC (Gambar 50), maka Mesin Frais menjadi sangat fleksibel dalam mengerjakan berbagai bentuk benda kerja, efisien waktu dan biaya yang diperlukan, dan produk yang dihasilkan memiliki ketelitian tinggi.



Gambar 3.50. Mesin Frais CNC tipe *bed* (*bed type CNC milling machine*)

4. Elemen dasar proses frais

Elemen dasar proses frais hampir sama dengan elemen dasar proses bubut, dari elemen tersebut diturunkan berbagai rumus untuk mencari parameter –parameter yang dibutuhkan antara lain :



Gambar 3. 51. Gambar skematis proses frais vertical dan frais horizontal.

Keterangan :
Benda Kerja :
w = lebar pemotongan (mm)
lw = panjang pemotongan (mm)
lt = $l_v+l_w+l_n$ (mm)
a = kedalaman potong (mm)

Pisau Frais :
d = diameter luar (mm)
z = jumlah gigi/mata potong
Xr = sudut potong utama (90^0)untuk pisau frais selubung

Mesin Frais :
n = putaran poros utama (rpm)
Vf = kecepatan makan (mm/putaran)

a. Kecepatan Penyayatan, pada saat proses pengefraisan berlangsung, cutter berputar memotong benda kerja yang diam dan menghasilkan potongan atau sayatan yang menyerupai chip, serpihan-serpihan tersebut dapat juga berbentuk seperti serbuk (tergantung dari bahan). Kemampuan mesin menghasilkan panjang sayatan tiap menit disebut kecepatan potong (sayat), yang diberi simbol Cs (Cutting Speed).

Jika cutter mempunyai ukuran diameter (mm) spindle dengan putaran (RPM), maka kecepatan pemotonganya dapat dihitung dengan rumus :

$$Cs = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad \left({}^{m}/_{menit}\right)$$

Dimana :
Cs = Kecepatan potong (m/menit)
n = Putaran spindle utama (r/m)
D = Diameter pisau frais (cutter) (mm)
1/1000 = didapat dari 1 mm = 1/1000 m

Pada prinsipnya kecepatan pemotongan suatu material tidak dapat dihitung secara matetatis. Karena setiap material memiliki kecepatan potong sendiri-sendiri berdasarkan karakteristiknya dan harga kecepatan potong dari tiap material ini dapat dilihat didalam tabel yang terdapat didalam buku atau referensi. Sehingga rumus diatas hanya digunakan untuk menghitung kecepatan putar spindle utama mesin frais. Untuk lebih jelasnya mengenai harga kecepatan potong dari tiap material dapat anda lihat pada table dibawah ini :

Tabel 3.11.
Kecepatan potong untuk beberapa jenis bahan.

Bahan	Cutter HSS		Cutter Karbida	
	Halus	kasar	Halus	kasar
Baja Perkakas	75 - 100	25 - 45	185 - 230	110 - 140
Baja Karbon Rendah	70 - 90	25 - 40	170 - 215	90 - 120
Baja karbon Menengah	60 - 85	20 - 40	140 - 185	75 - 110
Besi Cor Kelabu	40 - 45	25 - 30	110 - 140	60 - 75
Kuningan	85 - 110	45 - 70	185 - 215	120 - 150
Alumunium	70 - 110	30 - 45	140 - 215	60 - 90

b. Kecepatan spindel, Kecepatan spindle utama dapat dihitung apabilakecepatan penyayatan telah diketahui. Untuk itu langkah pertama yang harus dilakukan untuk menghitung kecepatan spindle adalah melihat harga kecepatan potong dari bahan yang akan kita sayat pada tabel/referensinya, kecepatan putar sumbu utama dapat dihitung dengan rumus :

$$n = \frac{Cs \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (rev/_{menit})$$

Keterangan :
n = kecepatan putar spindel (r/m)
Cs = kecepatan potong (m/menit)
π = Konstanta (3,14)
D = diameter cutter (mm)
1000 = diperoleh dari 1m = 1000 mm.

Contoh :

Jika kita akan mengefrais benda kerja dari bahan alumunium dengan diameter cutter 40 mm. hitunglah kecepatan putar sumbu utama mesin ?

Jawaban:

Kecepatan potong alumunium dapat dilihat pada tabel 2 misal kita ambil 30 m/menit. Maka kecepatanya adalah:

$$n = \frac{Cs \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (rev/_{menit})$$

$$n = \frac{30 \cdot 1000}{3{,}14 \cdot 40} \quad (rev/_{menit})$$

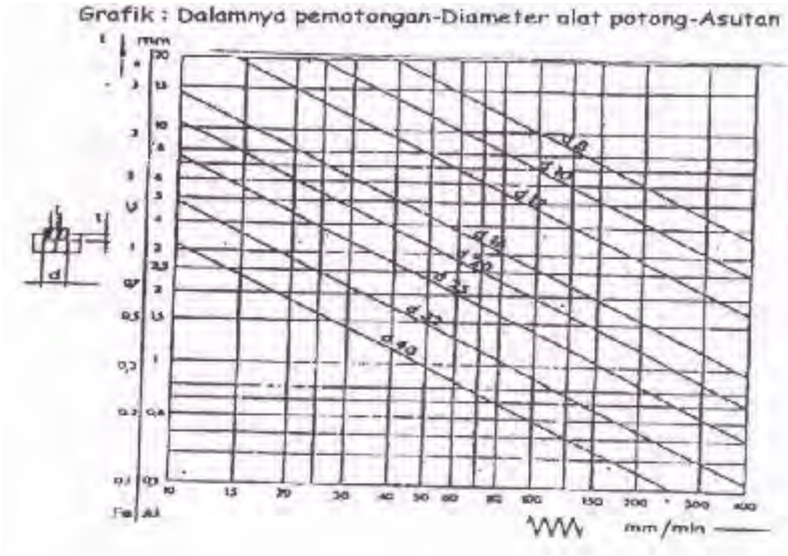
$$n = 239 \quad r/m$$

Jika pada mesin tidak terdapat kecepatan 239 rpm maka dicari kecepatan dibawahnya yaitu 225 rpm.

Catatan :

Jika jumlah putaran sumbu utama tiap menit tidak ada yang cocok dengan jumlah putaran yang ada pada tabel mesin maka sebaiknya dipilih jumlah putaran yang lebih rendah dari perhitungan teoritis tersebut.

Dalam menentukan putaran pisau frais dapat pula digunakan Nomogram seperti pada Gambar 3.37:



Gambar 3.52. Nomogram putaran pisau frais

c. Gerak makan per gigi, merupakan banyaknya pemakanan yang dilakukan tiap mata pisau

   fz = vf / z.n (*mm/menit)*

d. Waktu pemotongan, adalah lamanya proses pemakanan yang dilakukan oleh pisau frais

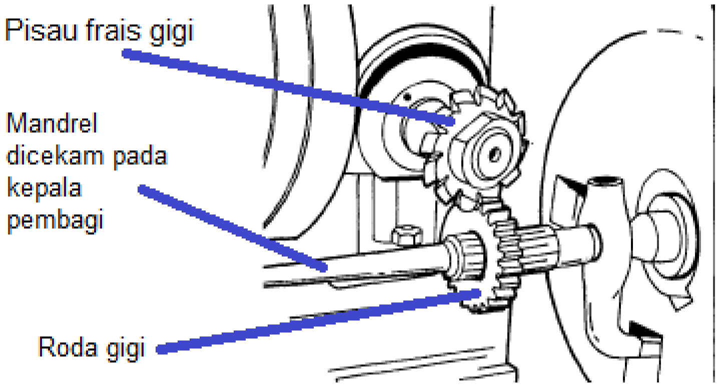
   $tc = lt/vf$ (menit)

e. Kecepatan penghasilan tatal

   Z = vf . a . w / 1000 (*cm*^{3} */menit*)

5. Proses frais roda gigi

Proses frais gigi, sebenarnya sama dengan frais bentuk/profil tetapi karena proses pembentukkannya yang spesifik, serta proses pencekaman dan pemilihan pisau berbeda maka akan dibahas lebih detail. Dari informasi yang diperoleh dari gambar kerja, untuk proses frais roda gigi diperoleh data tentang jumlah gigi, bentuk profil gigi, modul, sudut tekan, dan dimensi bakal roda gigi. Dari informasi tersebut perencana proses frais gigi harus menyiapkan kepala pembagi pisau frais gigi, dan perhitungan elemen dasar (putaran spindel, gerak makan, dan kedalaman potong). Kepala pembagi digunakan sebagai pemegang bakal roda gigi (dengan bantuan mandril). Pada kepala pembagi terdapat mekanisme yang memungkinkan operator mesin frais memutar benda kerja dengan sudut tertentu.



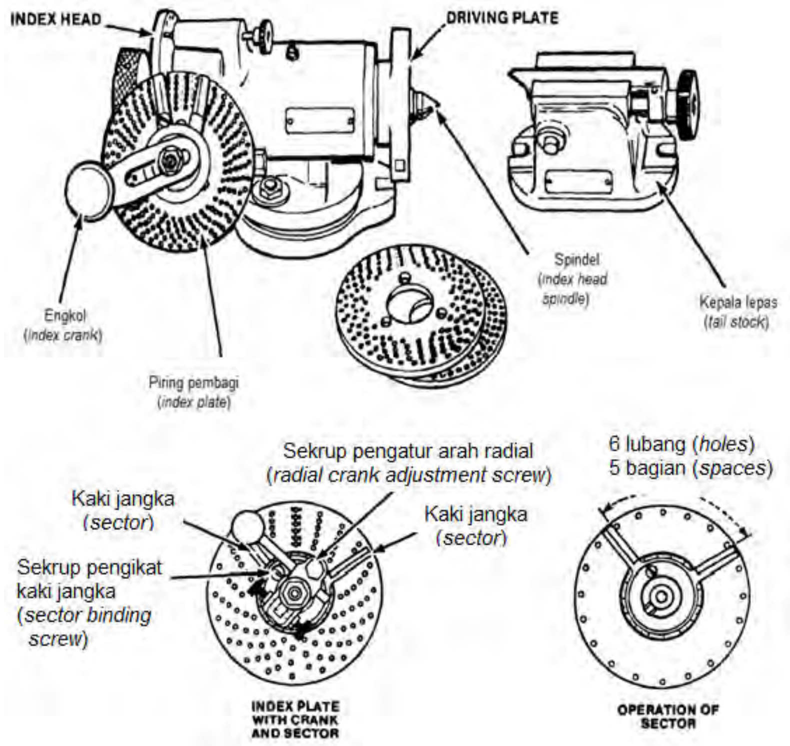
Gambar 3.53. Proses frais roda gigi dengan Mesin Frais horizontal

Kepala pembagi (*dividing head*) digunakan sebagai alat untuk memutar bakal roda gigi. Mekanisme perubahan gerak pada kepala pembagi adalah roda gigi cacing dan ulir cacing dengan perbandingan 1:40. Dengan demikian apabila engkol diputar satu kali, maka spindelnyaberputar 1/40 kali. Untuk membagi putaran pada spindel sehingga bisa menghasilkan putaran spindel selain 40 bagian, maka pada bagian engkol dilengkapi dengan piringan pembagi dengan jumlah lubang tertentu, dengan demikian putaran engkol bisa diatur (misal ½, 1/3, ¼, 1/5 putaran). Pada piringan pembagi diberi lubang dengan jumlah lubang sesuai dengan tipenya yaitu :

1. Tipe *Brown and Sharpe* :
   a. Piringan 1 dengan jumlah lubang : 15,16,17,18,19,20
   b. Piringan 2 dengan jumlah lubang : 21,23,27,29,31,33
   c. Piringan 3 dengan jumlah lubang : 37,39,41,43,47,49
2. Tipe *Cincinnati* (satu piringan dilubangi pada kedua sisi) :
   a. Sisi pertama dengan jumlah lubang :
      24,25,28,30,34,37,38,39,41,42,43
   b. Sisi kedua (sebaliknya) dengan jumlah lubang :
      46,47,49,51,53,54,57,58,59,62,66

Misalnya akan dibuat pembagian 160 buah. Pengaturan putaran engkol pada kepala pembagi adalah sebagai berikut (Gambar 39.) :

- Dipilih piringan yang memiliki lubang 20, dengan cara sekrup pengatur arah radial kita setel sehingga ujung engkol yang berbentuk runcing (punca) bisa masuk ke lubang yang dipilih.



Gambar 3. 54. Kepala pembagi dan pengoperasiannya.

- Kaki jangka diatur sehingga melingkupi 5 bagian atau 6 lubang
- Sisi pertama benda kerja dimulai dari lubang no.1
- Sisi kedua dilakukan dengan cara memutar engkol ke lubang no. 6 (telah dibatasi oleh kaki jangka)
- Dengan demilian engkol berputar ¼ lingkaran dan benda kerja) berputar ¼ x1/40 = 1/160 putaran
- Kaki jangka digeser sehingga bilah bagian kiri di no. 6
- Pemutaran engkol selanjutnya mengikuti bilah kaki jangka.

Pemilihan pisau untuk memotong profil gigi (biasanya profil gigi *involute*) harus dipilih berdasarkan modul dan jumlah gigi yang akan dibuat. Nomer pisau frais gigi berdasarkan jumlah gigi yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 7.3. Penentuan elemen dasar proses frais yaitu putaran spindel dan gerak makan pada proses frais gigi tetap mengikuti rumus. Sedangkan kedalaman potong ditentukan berdasarkan tinggi gigi dalam gambar kerja atau sesuai dengan modul gigi yang dibuat (antara 2 sampai 2,25 modul).

Tabel 3.12.
Urutan nomer pisau frais gigi *involute.*

Nomer Pisau/ *Cutter*	Digunakan untuk membuat roda gigi dengan jumlah gigi
1	135 sampai dengan *rack*
1,5	80 sampai 134
2	55 sampai 134
2 ,5	42 sampai 54
3	35 sampai 54
3,5	30 sampai 34
4	25 sampai 34
4,5	23 sampai 25
5	21 sampai 25
5,5	19 sampai 20
6	17 sampai 20
6,5	15 sampai 16
7	14 sampai 16
7,5	13
8	12 dan 13

Diskusikan:

Seorang siswa merencanakan membuat komponen instrumen logam berupa roda gigi dengan menggunakan mesin frais. Material roda gigi terbuat dari bahan kuningan, modulnya 1, sudut tekan 20^0, jumlah roda gigi yang akan dibuat 16 buah. Bantulah temanmu untuk menentukan langkah-langkah yang harus diperhatikan dalam membuat dan menyelesaikan pembuatan roda gigi tersebut.

Renungan dan Refleksi

Berbagai pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki manusia memungkinkan manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup telah membawa berbagai kemajuan peradaban, akan tetapi ilmu yang disalah gunakan akan merusak kehidupan itu sendiri.

Penguasaan teknologi pembuatan komponen instrumen logam dengan menggunakan mesin frais diharapkan mampu digunakan sebagai bekal untuk bersaing didunia kerja.

Setelah mempelajari materi pembuatan komponen instrumen logam menggunakan mesin frais ini, kamu seharusnya sadar bahwa penguasaan teknologi merupakan bekal hidup didunia, karenanya sebagai rasa syukur kepada Pencipta Kamu hendaknya belajar untuk dapat menguasai berbagai macam teknologi untuk kemaslatan umat.

Rangkuman

Mesin frais adalah mesin perkakas dengan gerak utama berputar (pisau berputar) pada sumbu yang tetap, dan benda kerja bergerak melintasi cutter. Bahaya-bahaya yang sering terjadi antara lain mata terkena tatal (*chip*), tangan terkena cutter pisau frais, Tangan terkena tatal (chip). Sedangkan Untuk menjamin keselamatan operator, operator harus menggunakan peralatan keselamatan kerja seperti pakaian kerja, sepatu kerja dan kacamata.

1. Perlengkapan mesin frais pada garis besarnya dapat terbagi dalam 3 (tiga) bagian seperti poros frais, kolet, arbor, perlengkapan tegak
2. Pada mesin frais banyak sekali terdapat peralatan bantu yang digunakan untuk membuat benda kerja antara lain ragum, pisau, paralel, kepala lepas, adaptor, kepala pembagi, meja putar, blok V, klem jepit, alat ukur
3. Pisau (cutter) mesin frais, pemilihan dan penggunaan pisau frais yang tepat harus dipraktekkan dalam upaya memperoleh hasil yang optimum. Beberapa jenis pisau frais yang digunakan seperti pisau mantel, pisau sudut, pisau pembentuk /profil, pisau sisi dan muka, pisau gergaji, pisau alur, pisau muka, pisau jari, pisau alur T, pisau ekor burung, pisau alur pasak benam
4. Bahan *cutter* sangat berpengaruh terhadap kemampuan cutter dalam menyayat benda kerja. Cutter mesin frais dibuat dari berbagai jenis bahan antara lain *unalloy tool steel, alloy steel, cemented carbide*.
5. Pisau frais dapat dibedakan menjadi pisau frais solid dan pisau frais sisip (*insert*). Tipe solid dibuat dibuat dari material *solid* seperti HSS atau dibuat dari *carbon steel, alloy steel, atau HSS* dengan gigi cemented carbide yang dibrasing pada bodi pisau. Pada pisau frais sisip gigi-giginya dibuat dari *HSS, cast alloy,* atau *cemented carbide*.

6. Pemasangan harus pisau frais harus dilakukan secara cermat dan hati-hati karena pisau frais harus dapat berputar tanpa adanya hentakan, sehingga mata potongnya tidak cepat mengalami aus. Selain itu pisau potong yang tidak berputar dengan benar akan mengakibatkan perbedaan kedalaman pemakanan.
7. Untuk pemasangan alat bantu harus mengikuti standar operasi yang telah ditentukan
8. Beberapa faktor dalam memilih material atau bahan yang akan digunakan adalah bentuk komponen yang akan dibentuk, toleransi ukuran benda, sifat mekanik, harga bahan, harga *processing.*
9. Sedangkan pemilihan bahan untuk kebutuhan khusus harus mempertimbangkan kemampuan bahan saat dipakai cara pembentukannya, harga keseluruhan dari bahan dan pembentukan.
10. Gambar kerja adalah “bahasa teknik” dalam bentuk lambang-lambang yang dipergunakan untuk memberikan informasi mengenai bentuk, ukuran, jumlah dan cara membuat suatu benda Gambar yang dipergunakan sebagai informasi tersebut, dalam bidang teknik mesin dibuat dengan mengikuti standar dan ketentuan yang ada, seperti standar ISO. Beberapa hal dasar dalam gambar kerja yang harus dipahami antara lain garis-garis gambar, gambar perspektif dan proyeksi, pemberian ukuran, toleransi, tanda pengerjaan, nilai kekasaran.
11. Proses pemesinan frais (*milling*) adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung, bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk
12. Sebelum melakukan operasi dengan mesin frais sebaiknya melakukan langkah-langkah sistematis supaya lebih efektif dan efisien.
13. Proses pengerjaan komponen meliputi klasifikasi proses frais, metode proses frais, elemen dasar proses, proses frais roda gigi.

14. Proses frais dapat diklasifikasikan dalam 3 (tiga) jenis yaitu *slab milling*, *face milling*, *end milling*.
15. Metode proses frais antara lain *up milling dan down milling*
16. Jenis mesin frais konvensinal yang umum digunakan seperti *column and knee milling machines, bed type milling machines, special purposes.*
17. Elemen dasar proses frais hampir sama dengan elemen dasar proses bubut, dari elemen tersebut diturunkan berbagai rumus untuk mencari parameter –parameter yang dibutuhkan antara lain kecepatan penyayatan, kecepatan spindel, gerak makan per-gigi, waktu pemotongan, kecepatan menghasilkan tatal
18. Proses frais gigi, sebenarnya sama dengan frais bentuk/profil tetapi karena proses pembentukkannya yang spesifik yaitu mengikuti aturan rumus standar yang telah ditetapkan (standar), serta memiliki aturan dalam penggunaan alat bantu.
19. Pada kepala pembagi dilengkapi dengan piringan pembagi, dimana piring pembagi tersebut diberi lubang dengan jumlah lubang sesuai dengan tipenya yaitu a) tipe *brown dan sharpe* b) tipe *Cincinnati*
20. Penggunaan kepala pembagi ini harus dilakukan secara cermat dan teliti karena mempengaruhi hasil komponen roda gigi yang dibuat.

Evaluasi

A. Evaluasi Diri

PenilaianDiri					
Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampua siswa bersangkutan.					
No	**Aspek Evaluasi**	**Penilaian diri**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
A	**Sikap**				
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Saya mampu mengoprasikan mesin frais sesuai jenis serta karakteristik pengerjaan komponen				
	Saya mampu memilih jenis dan karakteristik bahan logam sesuai perencanaan produk				
C	**Keterampilan**				
1	Saya mampu memilih dan menggunakan alat bantu berdasarkan jenis dan karakteristik pengerjaan komponen				
2	Saya mampu merancang komponen instrumen logam yang akan dikerjakan				
3	Saya mampu menggunakan operasi mesin yang sesuai jenis serta karakteristik pergerjaan komponen				

B. Review

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan benar

1. Sebutkan komponen fitting yang terdapat kepala pembagi?
2. Jelaskan macam-macam pembagian pada kepala pembagi?
3. Jelaskan perbedaan antara kepala pembagi jenis brown-sharpe dengan cincinnati?
4. Apa yang dimaksud dengan arbor?
5. Sebutkan klasifikasi mesin frais?
6. Bagaimana cara menentukan penggunaan mesin frais yang sesuai dengan kebutuhan?
7. Sebutkan peralatan yang digunakan mengefrais bidang rata?
8. Apa yang dimaksud dengan mesin frais?

C. Tugas Mandiri

Pembuatan Bidang Rata

1. Alat dan Bahan

1) Pisau frais jenis mantel/face mill yang sesuai

2) Alat Ukur jangka sorong

2) Bahan baja lunak persegi

3) Alat tulis

2. Keselamatan Kerja

1) Gunakan pakaian praktek dan alat keselamatan kerja

2) Ikuti langkah kerja yang telah disusun

3) Jangan bertindak diluar prosedur yang telah ditetapkan

3. Langkah Kerja

1) Siapkan peralatan yang diperlukan, termasuk peminjaman alat

2) Hindari alat ukur dari terjatuh

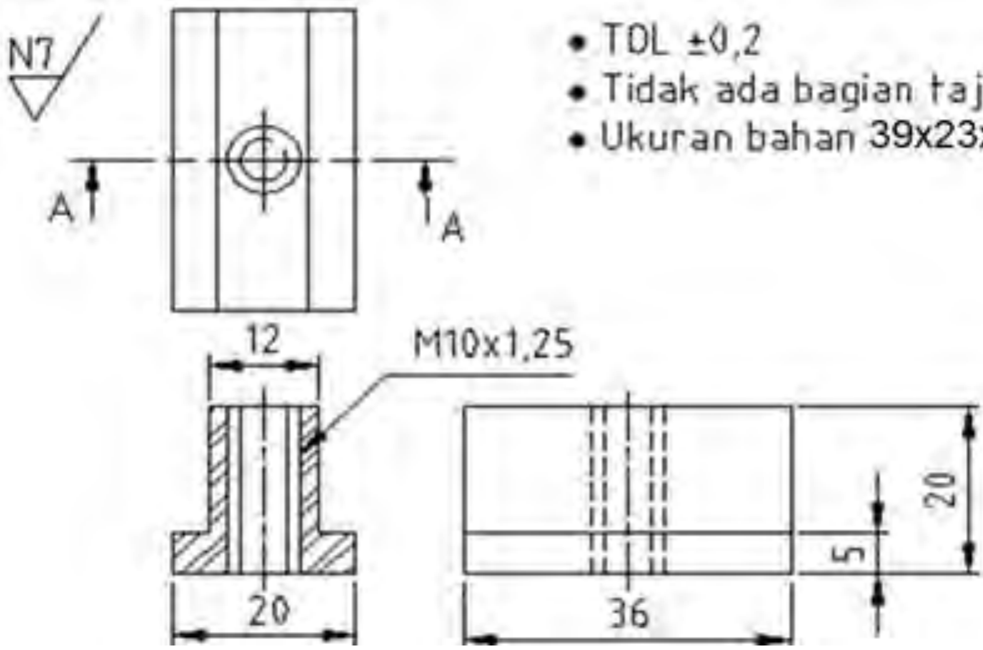
3) Lakukan Penyetelan mesin frais yang sesuai, kemudian lakukan penyayatan

4) Periksa hasil pengerjaan, hilangkan bagian tepi yang tajam

5) Periksa ukuran sesuai dimensi gambar kerja

6)Laporkan hasil pengerjaan bidang datar pada guru pembimbing

5. Gambar Kerja



- TOL ±0,2
- Tidak ada bagian tajam
- Ukuran bahan 39x23x23 mm

FORM PENILAIAN KINERJA

Program Keahlian : Teknik Instrumentasi Logam
Mata Pelajaran : Praktik Mesin Frais
Alokasi Waktu : 4 x 2 x @40 Menit
Standar Kompetensi : Membuat Komponen Instrumen Logam dengan Mesin Frais
Kompetensi Dasar : Membuat Komponen Instrumen Logam Konstruksi Rata
Nama Produk : **Mur Pengikat Meja Mesin Frais**

Nama Siswa : ………………………………….
Kelas : ………………………………..

No	Komponen/Subkomponen Penilaian	Pencapaian Kompetensi			
		Tidak	Ya		
			70 – 79	80 - 89	90 - 100
I	Persiapan Kerja				
	1.1 Kelengkapan peralatan				
	1. 2 Kelengkapan bahan praktek				
	Skor komponen				
II	Proses (Sistematika & Cara Kerja)				
	2.1 Mengeset peralatan mesin frais				
	2.2 Melaksanakan proses mengefrais sesuai SOP				
	2.3 Peralatan kerja yang digunakan sesuai dengan fungsinya				
	Skor komponen				
III	Hasil Kerja				
	3.1 Lebar bidang sisi (S1) = 20 mm				
	3.2 Lebar bidang sisi (S2) = 20 mm				
	3.3 Panjang bidang = 32 mm				
	3.4 Mengefrais tebal = 12 mm				
	3.5 Pengeboran ulir dalam (sentris)				
	3.6 Pembuatan ulir dalam M10x1,25				
	3.7 Kerataan (simetris)				
	3.8 Kehalusan				
	Skor komponen				
IV	Sikap Kerja				
	4.1 Penggunaan alat tangan dan alat ukur				
	4.2 Keselamatan kerja				
	Skor komponen				
V	Waktu				
	5.1 Waktu penyelesaian praktik				
	Skor komponen				

Perhitungan nilai praktik (NP) :

	Prosentase Bobot Komponen Penilaian					Nila Praktik (NP)
	Persiapan	Proses	Sikap Kerja	Hasil	Waktu	Σ NK
	1	2	3	4	5	6
Bobot (%)	15	20	10	50	5	
Skor Komponen						
Nilai Komponen						

Keterangan :

- Bobot diisi dengan prosentasesetiap komponen. Besarnya prosentase dari setiap komponen ditetapkan secara proporsional sesuai karakteristik program keahlian.
- NK = Nilai komponen, perkalian dari bobot dengan skor komponen
- NP = Nilai praktik, penjumlahan dari hasil perhitungan nilai komponen
- Jenis komponen penilaian (persiapan, proses, sikap kerja, hasil dan waktu) disesuaikan dengan karakter program keahlian

Gunungputri, …………..
Instruktur Diklat,

- Tol ±0.00 nilai 100 %
- Tol ±0.15 nilai 80 %
- Tol ±0.3 nilai 70 %
- Tol >0.50 nilai 0%

…………………………………….

Pembuatan Membuat Roda Gigi

1. Alat dan Bahan

1) Pisau frais jenis cutter gear yang sesuai

2) Alat Ukur jangka sorong

2) Benda kerja alumunium silinder pejal

3) Alat tulis

2. Keselamatan Kerja

1) Gunakan pakaian praktek dan alat keselamatan kerja

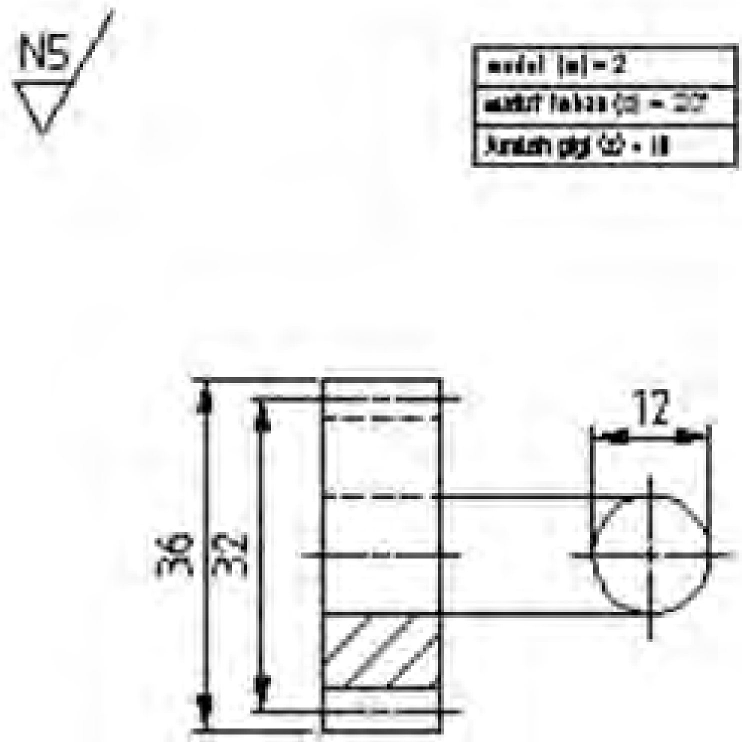
2) Ikuti langkah kerja yang telah disusun

3) Jangan bertindak diluar prosedur yang telah ditetapkan

3. Langkah Kerja

1) Siapkan peralatan yang diperlukan, termasuk peminjaman alat
2) Hindari alat ukur dari terjatuh
3) Lakukan Penyetelan mesin frais yang sesuai
4) Lakukan penyetelan pada kepala pembagi, atur putaran kepala pembagi sesuai perhitungan hingga selesai pembuatan roda gigi
5) Periksa hasil pembuatan roda gigi, hilangkan bagian yang tajam
6) Laporkan hasil kerja pembuuatan roda gigi ke guru pembimbing

5. Gambar Kerja



- TOL ±0,1
- Tidak ada bagian tajam
- Ukuran bahan ⌀38x14mm

FORM PENILAIAN KINERJA

Program Keahlian : Teknik Instrumentasi Logam

Mata Pelajaran : Praktik Mesin Frais

Alokasi Waktu : 4 x 2 x @40 Menit

Standar Kompetensi : Membuat Komponen Instrumen Logam dengan Mesin Frais

Kompetensi Dasar : Membuat Komponen Instrumen Logam Konstruksi Beraturan

Nama Produk : **Roda Gigi Lurus**

Nama Siswa : ……………………………………

Kelas : …………………………………..

No	Komponen/Subkomponen Penilaian	Pencapaian Kompetensi			
		Tidak	Ya		
			70 – 79	80 - 89	90 - 100
I	Persiapan Kerja				
	1.1 Kelengkapan peralatan				
	1. 2 Kelengkapan bahan praktek				
	Skor komponen				
II	Proses (Sistematika & Cara Kerja)				
	2.1 Mengeset peralatan mesin frais				
	2.2 Melaksanakan proses mengefrais sesuai SOP				
	2.3 Peralatan kerja yang digunakan sesuai dengan fungsinya				
	Skor komponen				
III	Hasil Kerja				
	3.1 Diameter luar roda gigi = 40 / 36 mm				
	3.2 Diameter lubang poros = 12 mm				
	3.3 Tebal gigi = 12 mm				
	3.4 Chamfer $2x45^0$				
	3.5 Modul gigi = 2 mm				
	3.6 Bentuk gigi simetri				
	3.7 Kehalusan				
	3.8 Finishing				
	Skor komponen				
IV	Sikap Kerja				
	4.1 Penggunaan alat tangan dan alat ukur				
	4.2 Keselamatan kerja				
	Skor komponen				
V	Waktu				
	5.1 Waktu penyelesaian praktik				
	Skor komponen				

Perhitungan nilai praktik (NP) :

	Prosentase Bobot Komponen Penilaian					Nila Praktik (NP)
	Persiapan	Proses	Sikap Kerja	Hasil	Waktu	Σ NK
	1	2	3	4	5	6
Bobot (%)	15	20	10	50	5	
Skor Komponen						
Nilai Komponen						

Keterangan :

- Bobot diisi dengan prosentasesetiap komponen. Besarnya prosentase dari setiap komponen ditetapkan secara proporsional sesuai karakteristik program keahlian.
- NK = Nilai komponen, perkalian dari bobot dengan skor komponen
- NP = Nilai praktik, penjumlahan dari hasil perhitungan nilai komponen
- Jenis komponen penilaian (persiapan, proses, sikap kerja, hasil dan waktu) disesuaikan dengan karakter program keahlian

- Tol ±0.00 nilai 100 %
- Tol ±0.15 nilai 80 %
- Tol ±0.20 nilai 70 %
- Tol >0.50 nilai 0%

Gunungputri, ……………….
Instruktur Diklat,

………………………..
NIP. .

D. Penilaian

Penilaian dilakukan terhadap 3 kriteria, yaitu sikap, keterampilan dan pengetahuan.

4. Nilai sikap diperoleh dari observasi selama kegiatan belajar
5. Nilai pengetahuan diperoleh dari hasil pemeriksaan jawaban tugas evaluasi (Review) yang diberikan.
6. Nilai keterampilan diperoleh dari hasil unjuk kerja tugas proyek yang dilaksanakan siswa.

Rubrik Penilaian

5. Indeks nilai kuantitatif dengan skala 1 – 4
6. KKM : Pengetahuan : $\geq$ 2.66 (Baik)
   Keterampilan : $\geq$ 2.66 (Baik)
   Sikap : $\geq$ 2.66(Baik)
7. Skor Siswa = $\frac{Skor}{Skor\ Tertinggi} x\ 4 = skor\ akhir$
8. Konversi klasifikasi nilai kualitatif :

Konversi nilai akhir		Predikat	Klasifikasi
Skala 1- 4	Skala 0–100		
4	86 -100	A	Sangat Terampil/ Sangat Baik
3.66	81- 85	A-	
3.33	76 – 80	B+	Terampil/ Baik
3.00	71-75	B	
2.66	66-70	B-	
2.33	61-65	C+	Cukup Terampil/ Cukup Baik
2	56-60	C	
1.66	51-55	C-	
1.33	46-50	D+	Kurang Terampil/ Kurang Baik
1	0-45	D	

PENILAIAN HASIL BELAJAR

Nama Siswa : ....

2. Penilaian Sikap					
Isilah kolom penilain berikut berdasar hasil observasi selama kegiatan belajar, dengan memberikan ceklis pada kolom yang sesuai					
No	**Aspek Penilaian**	**Nilai**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
	Jumlah Nilai				
	Rata Rata Nilai (Jumlah Nilai / 4)				

2. PenilaianPengetahuan		
Isilah kolom penilain berikut oleh Guru, berdasar hasil pemeriksaan jawaban evaluasi yang diberikan		
No.	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Review	

3. Penilaian Keterampilan		
Isilah kolom penilain berikut oleh Guru, berdasar hasil pemeriksaan jawaban evaluasi yang diberikan		
No.	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Tugas Mandiri	

Kesimpulan Penilaian		
No	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Sikap	
2	Pengetahuan	
3	Keterampilan	

Kesimpulan :
Siswa dinyatakan **Kompeten/Belum Kompeten***
dan **Dapat/Tidak Dapat**** Melanjutkan Ke Materi Berikutnya

Peserta sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan-alasan mengambil keputusan

.........................., ...
Penilai

....

Saya sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan mengambil keputusan tersebut.	Saya sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan mengambil keputusan tersebut.
Umpan Balik Siswa:	**Umpan Balik Orangtua/ wali siswa:**
Tanda Tangan Siswa:	**Tanda Tangan Orangtua/ wali Siswa:**
....	....

*) Skala 4
**)Coret yang tidak perlu

BAB 4

Dasar Mesin CNC

KATA KUNCI:

- Turret
- Mesin CNC
- Mesin Frais CNC (CNC Milling Machine)
- Perawatan Mesin

Deskripsi

Komponen instrument logam meliputi banyak jenis komponen yang dapat dibuat dengan menggunakan mesin bubut konvensional. Pada bab ini akan dijelaskan proses pembuatan komponen instrument logam dengan mesin bubut CNC dan Frais, melanjutkan materi yang telah dibahas pada buku jilid 1. Materi yang dibahas pada bab ini meliputi ;

- *persiapan pekerjaan,*
- *pemilihan alat potong,*
- *kerja bubut lanjut untuk pembuatan instrument logam.*

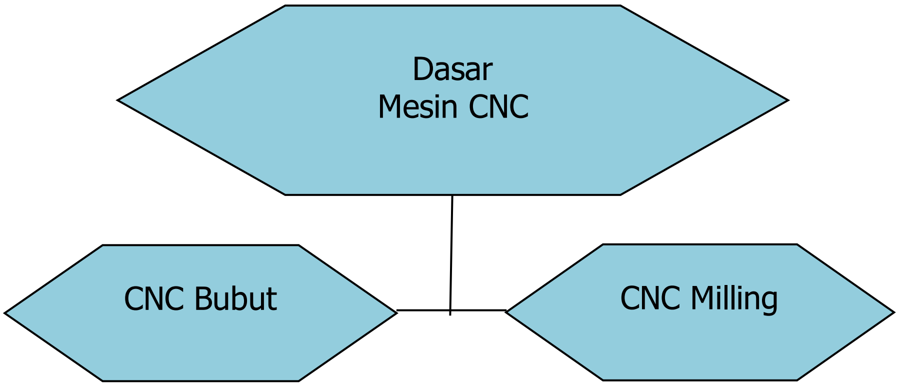
Diharapkan setelah mempelajari materi ini Kamu memahamami dasar mesin CNC bubut dan frais sebagai dasar pembelajaran pembuatan komponen instrument logam dengan menggunakan mesin CNC.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab ini, Kamu diharapkan dapat;

9. Memahami dasar Bubut CNC
10. Mengidentifikasi Bubut CNC
11. Memahami dasar Frais CNC
12. Mengidentifikasi Frais CNC

Peta Konsep



Rencana Belajar Siswa

Pada hari ini, ... tanggal ....tahun .... Guru beserta siswa merencanakan pelaksanaan kegiatan belajar sebagaimana tabel di bawah ini

No	Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Catatan Perubahan
1	Mempelajari dasar CNC Bubut				
2	Mempelajari dasar CNC Milling				

............................., ...

Guru	Orangtua/Wali Siswa	Siswa
....	....	....

Uraian Materi

I. CNC BUBUT

A. Pengertian dan Prinsip Kerja CNC

Numerical Control / NC (berarti "kontrol numerik") merupakan sistem otomatisasi mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram secara abstrak dan disimpan dimedia penyimpanan, hal ini berlawanan dengan kebiasaan sebelumnya dimana mesin perkakas biasanya dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana menggunakan cam. Kata NC sendiri adalah singkatan dalam Bahasa Inggris dari kata *Numerical Control* yang artinya*Kontrol Numerik*. Dalam hal ini Mesin perkakas biasa ditambahkan dengan motor yang akan menggerakan pengontrol mengikuti titik-titik yang dimasukan kedalam sistem oleh perekam kertas. Mesin perpaduan antara servo motor dan mekanis ini segera digantikan dengan sistem analog dan kemudian komputer digital, menciptakan mesin perkakas modern yang disebut Mesin **CNC (computer numerical control)** yang dikemudian hari telah merevolusi proses desain. Saat ini mesin CNC mempunyai hubungan yang sangat erat dengan program CAD.

Definisi CNC (Computer Numerical Control) pada awalnya hanya terbatas pada mesin Numerical Control (NC) yang tergabung dengan komputer internal untuk menangani control mesin dan pelaksanaan program . Sekarang ini, CNC berkembang mewakili seluruh mesin produksi yang menggunakan computer on-board untuk mengontrol pergerakan peralatan peralatan / tool dalam suatu proses produksi. Jadi kesimpulan sederhana yang dapat kita ambil adalah, Mesin CNC adalah sebuah mesin yang

menggunakan kode angka / Numerical Control (dengan rumus matematis) untuk menjalankan atau mengoperasikan.

Kelebihan dari CNC machine lathe adalah mesin yang dikontrol dengan kode angka ini diantaranya adalah ,ter-sistem secara otomatis, Akurat & konsisten dan fleksibel, bahkan untuk proses manufacturing yang sangat rumit sekalipun.

Rancangan produk dapat diubah atau disesuaikan cukup dengan mengubah program instruksi saja. Tetapi tentu saja untuk investasi mesin ini butuh modal cukup besar…dan juga perlu pelatihan khusus untuk seseorang yang akan mengoperasikannya.

Mesin-mesin CNC dibangun untuk menjawab tantangan di dunia manufaktur modern. Dengan mesin CNC, ketelitian suatu produk dapat dijamin hingga 1/100 mm lebih, pengerjaan produk masal dengan hasil yang sama persis dan waktu permesinan yang cepat. NC/CNC terdiri dari bagian utama :

1. Progam
2. Control Unit/Processor
3. Motor listrik servo untuk menggerakan kontrol pahat
4. Motor listrik untuk menggerakan/memutar pahat
5. Pahat
6. Dudukan dan pemegang

Mesin Bubut CNC secara garis besar dapat digolongkan menjadi dua, yaitu :

1. Mesin Bubut CNC Training Unit (CNC TU)
2. Mesin Bubut CNC Production Unit (CNC PU)

Kedua mesin tersebut mempunyai prinsip kerja yang sama, akan tetapi yang membedakan kedua tipe mesin tersebut adalah penggunaannya di lapangan. CNC TU dipergunakan untuk pelatihan dasar pemrograman dan pengoperasian CNC yang dilengkapi dengan EPS (External Programing Sistem). Mesin CNC jenis Training Unit hanya mampu dipergunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringan dengan bahan yang relatif lunak.

Sedangkan Mesin CNC PU dipergunakan untuk produksi massal, sehingga mesin ini dilengkapi dengan assesoris tambahan seperti sistem pembuka otomatis yang menerapkan prinsip kerja hidrolis, pembuangan tatal, dan sebagainya. Prinsip kerja NC/CNC secara sederhana dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Programer membuat program CNC sesuai produk yang akan dibuat dengan cara pengetikan langsung pada mesin CNC maupun dibuat pada komputer dengan software pemrogaman CNC.
2. Program CNC tersebut, lebih dikenal sebagai G-Code, seterusnya dikirim dan dieksekusi oleh prosesor pada mesin CNC menghasilkan pengaturan motor servo pada mesin untuk menggerakan perkakas yang bergerak melakukan proses permesinan hingga menghasilkan produk sesuai program.



Gambar 4.1 mesin CNC



Gambar 4.2 Pusat pemutaran CNC.

Berikut ini proses yang dapat dikerjakan dengan CNC *lathe* diantaranya adalah:

1. Bubut diameter luar
2. Bubut diameter dalam / lubang
3. Cutting / chamfering (membentuk bidang miring)
4. Grooving (membuat alur pada benda kerja)
5. Membuat ulir
6. Bor (Lubang bor harus pada sumbu benda kerja)

B. Bagian-Bagian Utama Mesin CNC

1. Bagian Pengendali/Kontrol

Bagian pengendali/kontrol merupakan bak kontrol mesin CNC yang berisikan tombol-tombol dan saklar serta dilengkapi dengan monitor. Pada bok control merupakan unsur layanan langsung yang berhubungan dengan operator. Gambar berikut menunjukkan secara visual dengan nama-nama bagian sebagai berikut:

1. Saklar utama
2. Lampu kontrol saklar utama
3. Tombol emergensi
4. Display untuk penunjukan ukuran
5. Saklar pengatur kecepatan sumbu utama
6. Amperemeter
7. Saklar untuk memilih satuan metric atau inch
8. Slot disk drive
9. Saklar untuk pemindah operasi manual atau CNC (H = hand/manual, C = CNC)
10. Lampu control pelayanan CNC
11. Tombol START untuk eksekusi program CNC
12. Display untuk penunjukan harga masing-masing fungsi (X, Z, F, H), dan lain-lain.
13. Fungsi kode huruf untuk masukan program CNC

14. Saklar layanan sumbu utama
15. Saklar pengatur asutan
16. Tombol koordinat sumbu X, Z

2. Saklar utama (main switch)

Saklar utama adalah pintu masuk aliran listrik ke kontrol pengendali CNC. Cara kerja saklar utama yaitu jika kunci saklar utama diputar ke posisi 1, arus listrik akan masuk ke kontrol CNC. Saklar utama Sebaliknya jika kunci saklar utama diputar kembali ke angka 0, arus listrik yang masuk ke kontrol CNC akan terputus. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar di bawah ini. Kondisi Mati Listrik Masuk ke Kontrol CNC .Ilustrasi cara kerja saklar utama. Tombol darurat (emergency switch) Tombol ini digunakan untuk memutus aliran listrik yang masuk ke kontrol mesin. Hal ini dilakukan apabila akan terjadi hal-hal yang tidak diinginkan akibat kesalahan program yang telah dibuat. . Emergency switch Saklar operasi mesin (operating switch) Saklar layanan mesin ini digunakan untuk memutar sumbu utama yang dihubungkan dengan rumah alat potong. Saklar ini yang mengatur perputaran sumbu utama sesuai menu yang dijalankan, yaitu perputaran manual dan CNC.

3. Saklar operasi

Cara kerja saklar operasi sebagai berikut:

a) Jika saklar diputar pada angka 1 maka menu yang dipilih adalah menu manual, yaitu pergerakan eretan, kedalaman pemakanan tergantung oleh operator.
b) Jika saklar diputar pada ”CNC” berarti menu yang dipilih adalah menu CNC ,yaitu semua pergerakan yang terjadi dikontrol oleh komputer baik itu gerakan sumbu utama gerakan eretan, maupun kedalaman pemakanan.

Saklar ini berfungsi untuk mengatur kecepatan putar alat potong pada sumbu utama. Saklar ini bisa berfungsi pada layanan CNC maupun manual. Kecepatan putaran sumbu utama mesin CNC TU-2A berkisar antara 50–3.000 RPM, sesuai tabel putaran pada mesin.

Cara pengoperasian saklar pengatur kecepatan sumbu utama ini adalah saklar pengatur kecepatan sumbu utama diputar ke arah kanan

mendekati angka 100 untuk meningkatkan kecepatan putaran spindle. Untuk mengurangi kecepatan spindle putar kembali saklar pengatur kecepatan sumbu utama ke arah kiri mendekati angka 0.

C. Sistem Otomatis

Intervensi operator terhadap hubungan produksi barang dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan. Saat ini banyak CNC Lathe telah dioperasikan tanpa pengawasan langsung oleh operator, memberikan kesempatan kepada operator untuk melaksanakan tugas-tugas yang lain.Dapat mengurangi resiko akibat Human Eror,dan dapat mengetahui "Cycle Time Machining Process" untuk setiap barang / benda kerja.

1. Akurat & Konsisten

Tingkat akurasi mesin CNC Lathe mampu mencapai 1 micron (0.001 mm). Akhir-akhir ini produsen Mesin CNC Lathe telah berhasil mengembangkan mesin dengan tingkat akurasi dan berkemampuan untuk melakukan proses secara berulang-ulang dalam jumlah yang besar. Artinya saat sebuah program telah di input ke dalam program, dua, sepuluh, ribuan bahkan puluhan ribu benda kerja serupa dapat dengan mudah di hasilkan secara akurat dan konsisten

2. Fleksibilitas

Sebuah mesin CNC Lathe dapat digunakan untuk berbagai jenis pengerjaan, dan pada setiap pergantian proses pemindahan program dapat dilakukan secara cepat. Program yang sudah di input akan disimpan pada memory computer pada mesin. Porgram tersebut dapat di panggil kembali " recall " seketika saat akan pergantian proses.

Seluruh bentuk pergerakan tool pada turret mesin CNC Lathe ke dalam 2 arah atau lebih disebut AXIS. Kedua AXIS ini dapat bergerak secara presisi dan otomatis

GERAKAN AXIS

o X (Gerakan naik – turun)

o Z (Gerakan maju – mundur)

3. **Pemrograman Dasar**

a. **Kontrol Spindle**

Simbol atau huruf " S " dinyatakan untuk menetapkan kecepatan spindle (satuan kecepatan spindle adalah RPM = Rotation Per Minute). Kode M03 digunakan untuk memutar spindle searah jarum jam. Kode M04 digunakan untuk memutar spindle berlawanan jarum jam. Dan M05 untuk mematikan spindle.

b. **Kontrol Penggantian Tool**

Simbol atau huruf " T " dinyatakan sebagai letak posisi tool dalam sebuah mesin. Simbol " T " disertai 4 digit angka dibelakangnya menginformasikan posisi tool pada turret dan nomor offset yang akan digunakan pada tool. Contoh : T0101 berarti : Tool ke-1 untuk program offset ke-1

c. **Kontrol Coolant**

Coolant adalah campuran air dengan oli dengan perkiraan komposisi 70% air & 30 % oli Simbol "M08" untuk mengeluarkan coolant.

4. **Komponen dasar yang ada dalam mesin CNC lathe.**

a. Tool

Peralatan seperti bor, insert / mata pisau)



Gambar 4.3 Mata pisau

b.Turret

Tempat tool di pasangkan, pada turret terdapat beberapa tool yang dipasang. Pemasangan disesuaikan dengan urutan proses machining dan program yang dimasukan.



Gambar 4.4 Turret

Collet

merupakan special tool untuk mencekam benda kerja yang bentuknya disesuaikan dengan model benda kerja



Gambar 4.5 Collet

Chuck (Alat cekam)

alat yang mencekam benda kerja pada saat proses machining, ukuran chuck dapat disesuaikan dengan ukuran diameter benda kerja. Pada umunya chuck dikategorikan sesuai dengan jumlah alat cekamnya, chuck dengan 2,3 dan 4 buah cekam .



Gambar 4.6 cekam

Holder

Tempat untuk memasang insert / mata pisau pada turret.



(a)



(b)

Gambar 4.7 (a) Holder (b) Insert knife

Insert knife

Mata pisau sebagai alat pemotong pada proses bubut, insert knife biasanya dipasang pada holder

Spindle

Bagian mesin yang menggerakan / memutar chuck / collet saat proses machining berlangsung. Putaran spindel dapat disetting sesuai kebutuhan, karena tingkat putaran spindle sangat berpengaruh pada hasil kehalusan benda kerja. Rata-rata putaran spindle adalah 2000rpm



Gambar 4.9 Spinlde & Jaw (chuck) pada mesin CNC Lathe

D. Dasar-Dasar Pemograman Mesin CNC

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan seorang programmer sebelum menggunakan mesin CNC, pertama mengenal beberapa sistem koordinat yang ada pada mesin CNC, yaitu:

1. sistem koodinat kartesius, yang terdiri dari koordinat mutlak (*absolut*) dan koordinat relative (*inkremental*),
2. sistem koordinat kutub (*koordinat polar*), yang terdiri dari koordinat mutlak (*absolut*) dan koordinat relatif (*inkremental*).

Selanjutnya menentukan system koordinat yang akan digunakan dalam pemograman. Apakah program akan menggunakan sistem pemogramman metode *absolut* atau *inkremental*.

Pada umumnya sistem koordinat yang sering digunakan antara lain sistem koordinat kartesius, yaitu koordinat mutlak (*absolut*) dan koordinat relatif/berantai (*incremental*). Langkah kedua adalah memahami prinsip gerakan sumbu utama dalam mesin CNC.

1. Pemrograman Absolut

Pemrograman absolut adalah pemrogramman yang dalam menentukan titik koordinatnya selalu mengacu pada titik nol benda kerja. Kedudukan titik dalam benda kerja selalu berawal dari titik nol sebagai acuan pengukurannya. Sebagai titik referensi benda kerja letak titik nol sendiri ditentukan berdasarkan bentuk benda kerja dan

keefektifan program yang akan dibuat. Penentuan titik nol mengacu pada titik nol benda kerja (TMB). Pada pemrogramman benda kerja yang rumit, melalui kode G tertentu titik nol benda kerja (TMB) bisa dipindah sesuai kebutuhan untuk memudahkan pemrogramman dan untuk menghindari kesalahan pengukuran.

Pemrogramman absolut dikenal juga dengan sistem pemrogramman mutlak, di mana pergerakan alat potong mengacu pada titik nol benda kerja. Kelebihan dari sistem ini bila terjadi kesalahan pemrogramman hanya berdampak pada titik yang bersangkutan, sehingga lebih mudah dalam melakukan koreksi. Berikut ini contoh pengukuran dengan menggunakan metode absolute:

1.1 Pemrogramman Relatif (*inkremental*)

Pemrogramman inkremental adalah pemrograman yang pengukura n lintasannya selalu mengacu pada titik akhir dari suatu lintasan. Titik akhir suatu lintasan merupakan titik awal untuk pengukuran lintasan berikutnya atau penentuan koordinatmya berdasarkan pada perubahan panjang pada sumbu X (ΔX) dan perubahan panjang lintasan sumbu Y (ΔY). Titik nol benda kerja mengacu pada titik nol sebagai titik referensi awal, letak titik nol benda kerja ditentukan berdasarkan bentuk benda kerja dan keefektifan program yang akan dibuatnya. Penentuan titik koordinat berikutnya mengacu pada titik akhir suatu lintasan.

Sistem pemrogramman inkremental dikenal juga dengan sistem pemrogramman berantai atau relative koordinat. Penentuan pergerakan alat potong dari titik satu ke titik berikutnya mengacu pada titik pemberhentian terakhir alat potong. Penentuan titik setahap demi setahap. Kelemahan dari sistem pemrogramman ini, bila terjadi kesalahan dalam penentuan titik koordinat, penyimpangannya akan semakin besar. Berikut ini contoh dari pengukuran incremental

1.2 Pemrogramman Polar

Pemrogramman polar terdiri dari polar absolut mengacu pada panjang lintasan dan besarnya sudut (@ L, α) dan polar inkremental mengacu pada panjang lintasan dan besarnya perubahan sudut (@ L, Δ α)

2. Gerakan sumbu utama pada mesin CNC

Dalam pemogrammman mesin CNC perlu diperhatikan bahwa dalam setiap pemograman menganut, prinsip bahwa sumbu utama (tempat pahat/pisau frais) yang bergerak ke berbagai sumbu, sedangkan meja tempat dudukan benda diam meskipun pada kenyataanya meja mesin frais yang nergerak. Programer tetap menganggap bahwa alat potonglah yang bergerak.

Sebagai contoh bila programer menghendaki pisau frais ke arah sumbu X positif, maka meja mesin frais akan bergerak ke sumbu X negatif, juga untuk gerakan alat pemotong lainnya. Selain menentukan sumbu simetri mesin, langkah berikutnya adalah memahami letak titik nol benda kerja (TNB), titik nol mesin (TNM), dan titik referens (TR). TNB merupakan titik nol di mana dari titik tersebut programmer mengacu untuk menentukan dimensi titik koordinatnya sendiri, baik secara absolute maupun inkremental. TNM merupakan titik nol mesin. Pada mesin CNC bubut TNM terletak di pangkal cekam (lihat Gambar)tempat cekam benda kerja diletakkan.

Pada mesin CNC frais TNM berada pada pangkal dimana alat potong/pisau frais diletakkan. Titik Referens (TR) adalah suatu titik yang menyebutkan letak alat potong mula-mula diparkir atau diletakan. Titik referens ditempatkan agak jauh dari benda kerja, agar pada saat pemasangan atau melepaskan benda kerja, tangan operator tidak mengenai alat potong yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja. Benda kerja aman untuk dipasang maupun dilepas dari ragum atau pencekam.

Pembuatan program mesin CNC, seorang programmer harus memiliki kemampuan dasar pemograman, antara lain:

(a) Pengalaman dalam membaca gambar teknik,

(b) berpengalaman dalam pengerjaan logam dengan menggunakan mesin perkakas konvensional.

(c) mampu memilih alat potong/pahat perkakas secara tepat sesuai dengan peruntukannya,

(d) dapat menentukan posisi benda kerja dalam sisitem koordinat,

(e) mempunyai dasar-dasar pengetahuan matematika terutama trigonometri.

3, Standarisasi Pemrogramman Mesin Perkakas CNC

Pemakaian kode-kode pada mesin perkakas CNC dapat menggunakan standar pemrograman yang berlaku antara lain: DIN *(Deutsches Institut fur Normug*) 66025, NSI (*American Nationale Standarts Institue*), AEROS*(Aerospatiale Frankreich),* ISO, dan sebagainya.

Sebagian besar dari standar, yang diinginkan memiliki persamaan dan sedikit saja perbedaannya. Berikut ini beberapa bagian kode pada mesin CNC antara lain kode G, kode M, kode F, kode S dan kode T yang mempunyai arti sebagai berikut:

Fungsi G

G00 Gerakan cepat

G01Interpolasi linear

G02/G03 Interpolari melingkar

G04 Waktu tinggal diam.

G21 Blok kosong

G24 Penetapan radius pada pemrograman harga absolut

G25/M17 Teknik sub program

G27 Perintah melompat

G33 Pemotongan ulir dengan kisar tetap sama

G64 Motor asutan tak berarus

G65 Pelayanan kaset

G66 Pelayanan antar aparat RS 232

G73 Siklus pemboran dengan pemutusan tatal

G78 Siklus penguliran

G81 Siklus pemboran

G82 Siklus pemboran dengan tinggal diam.

G83 Siklus pemboran dengan penarikan

G84 Siklus pembubutan memanjang

G85 Siklus pereameran

G86 Siklus pengaluran

G88 Siklus pembubutan melintang

G89 Siklus pereameran dengan tinggal diam.

G90 Pemrograman harga absolut

G91 Pemrcgraman harga inkremental

G92 Pencatat penetapan

G94 Penetapan kecepatan asutan

G95 Penetapan ukuran asutan

G110 Alur permukaan

G111 Alur luar

G112 Alur dalam

G113 Ulir luar

G114 Ulir dalam

G115 Permukaan kasar

G116 Putaran kasar

Fungsi M

M00 Berhenti terprogram

M03 Sumbu utama searah jarum jam

M05 Sumbu utama berhenti

M06 Penghitungan panjang pahat, penggantian pahat

M08 Titik tolak pengatur

M09 Titik tolak pengatur

Ml7 Perintah melompat kembali

M22 Titik tolak pengatur

M23 Titik tolak pengatur

M26 Titik tolak pengatur

M30 Program berakhir

M99 Parameter lingkaran

M98 Kompensasi kelonggaran / kocak Otomatis

Tanda Alarm

A00 Salah kode G/M

A01 Salah radius/M99

A02 Salah nilaiZ

A03 Salah nilai F

A04 Salah nilai Z

A05 Tidak ada kode M30

A06 Tidak ada kode M03

A07 Tidak ada arti

A08 Pita habis pada penyimpanan ke kaset

A09 Program tidak ditemukan

A10 Pita kaset dalam pengamanan

A11 Salah pemuatan

A12 Salah pengecekan

A13 Penyetelan inchi/mm dengan memori program penuh

A14 Salah posisi kepala frais / penambahan jalan dengan LOAD ┴ / M atau ┤ / M

A15 Salah nilai Y.

A16 Tidak ada nilai radius pisau frais

A17 Salah sub program

A18 Jalannya kompensasi radius pisau frais lebih kecil dari nol

E. Karateristik mesin CNC Modern

Besar, berat dan kekar. Biasanya empat kali lebih berat dari mesin konvensional (manual) yang setara Motor besar dengan kemampuan "high speed" untuk mengimbangi kemampuan"cutting tools" modern. "Horsepower (HP)" dan Spindle Speed secara umum empat sampai sepuluh kali lebih cepat dari mesin-mesin konvensional"Automatic Tool Change" yang dapat menyimpan delapan sampai ratusan "cutting tools" yang dapat berganti secara cepat dibawah kotrol program High Accuracy"" Resolusi minimum dari kebanyakan mesin adalah 0.001 mm, dan beberapa mesin dapat membuat komponen dengan akurasi setinggi itu, tergantung dari proses yang dilakukan. "Ballscrew" pada prakteknya menghilangkan "backlash(speleng)" di ulir penggerak.

Akurasi dari mesin CNC tergantung dari ke-kekar-an konstruksi mesin tersebut, perhatian dalam proses pembuatannya, dan "ballscrew" yang hamper menghilangkan "backlash" di ulir digunakan untuk menggerakkan bagian-bagianmesin.

Type Mesin Bubut Cnc Dasar Dan Pengembanganya diantaranya Mesin Bubut CNC 2 Axis Bergerak Kiri kanan, depan belakang, Mesin Bubut CNC 3 Axis Bergerak Kiri kanan, depan belakang Bergerak Keatas Kebawah, Mesin Bubut CNC 4 Axis Bergerak Kiri kanan, depan belakang Bergerak Keatas

Kebawah, dan berputar Mesin Bubut CNC 5 Axis Bergerak Kiri kanan, depan belakang Bergerak Keatas Kebawah, berputar & miring. Mesin Bubut CNC > 5 Axis Multi axis Dapat melakukan semua pekerjaan

F. Keuntungan Dan Kelemahan Mesin Bubut CNC

Kelebihan:

1. Mempunyai kemampuan yang tinggi dalam akurasi
2. Dapat di gunakan untuk memproduksi parts masal
3. Hasil dari produksi lebih berkualitas
4. Ongkos pahat dapat ditekan
5. Benda kerja dapat ditingkatkan dengan melakukan perubahan pada program
6. Waktu “Setup” lebih mudah
7. Program dapat dipersiapkan lebih cepat dan dapat “dipanggil” kapan saja
8. Pembuatan prototype dapat lebih cepat
9. Kebutuhan operator yang berpengalaman lebih sedikit

Kelemahan:

1. Peralatan relatif lebih mahal
2. Dibutuhkan waktu untuk membuat program(Pekerjaan yang sederhana akan menjadi sulit karena harus membuat program dahulu)
3. Perawatan Spesial dengan tenaga terdidik
4. Biaya mahal bila terjadi kerusakan

G. Pengertian Mesin CNC Milling

Perbedaan mendasar antara mesin manual dan CNC terletak pada cara memasukan data. Pada mesin manual untuk memasukan data dilakukan dengan menggerakkan eretan sedangkan pada Computer Numerical Control / CNC (berarti "komputer kontrol numerik") merupakan sistem otomatisasi Mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram secara abstark dan disimpan dimedia penyimpanan, hal ini berlawanan dengan kebiasaan sebelumnya dimana mesin perkakas biasanya

dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana menggunakan cam. Kata NC sendiri adalah singkatan dalam Bahasa inggris dari kata Numerical Control yang artinya Kontrol Numerik.

Mesin NC pertama diciptakan pertama kali pada tahun 40-an dan 50-an, dengan memodifikasi Mesin perkakas biasa. Dalam hal ini Mesin perkakas biasa ditambahkan dengan motor yang akan menggerakan pengontrol mengikuti titik-titik yang dimasukan kedalam sistem oleh perekam kertas. Mesin perpaduan antara servo motor dan mekanis ini segera digantikan dengan sistem analog dan kemudian komputerdigital, menciptakan Mesin perkakas modern yang disebut Mesin CNC (computer numerical control) yang dikemudian hari telah merevolusi proses desain. Saat ini mesin CNC mempunyai hubungan yang sangat erat dengan program CAD. Mesin-mesin CNC dibangun untuk menjawab tantangan di dunia manufaktur modern. Dengan mesin CNC, ketelitian suatu produk dapat dijamin hingga 1/1000 mm lebih, pengerjaan produk masal dengan hasil yang sama persis dan waktu pemesinan yang cepat. NC/CNC terdiri dari beberapa bagian utama :

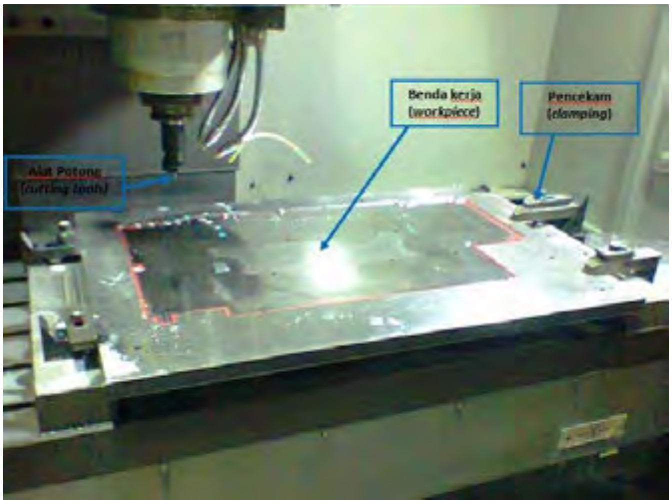
1. Program
2. Control Unit/Processor
3. Motor listrik servo untuk menggerakan kontrol pahat
4. Motor listrik untuk menggerakan/memutar pahat
5. Pahat
6. Dudukan dan pemegang.



Gambar 4.10 Mesisn CNC Milling

Prinsip kerja NC/CNC secara sederhana dapat diuraikan sebagai berikut; Programer membuat program CNC sesuai produk yang akan dibuat dengan cara pengetikan langsung pada mesin CNC maupun dibuat pada komputer dengan software pemrogaman CNC.

Program CNC tersebut, lebih dikenal sebagai G-Code, seterusnya dikirim dan dieksekusi oleh prosesor pada mesin CNC menghasilkan pengaturan motor servo pada mesin untuk menggerakan perkakas yang bergerak melakukan proses permesinan hingga menghasilkan produk sesuai program.



Gambar 4.11 Proses Kerja CNC Milling

Mesin Frais CNC (CNC milling machine) adalah salah satu dari jenis mesin perkakas yang berfungsi untuk melakukan pemotongan serta pembentukan terhadap material (seperti baja) sesuai dengan bentuk yang diinginkan dimana prinsip dasarnya ialah alat potong (cutting tools) berputar sedangkan benda kerja (workpiece) atau material yang dipotong diam (tercekam).

Dapat kita simpulkan bahwa mesin frais CNC(CNC milling machine) adalah jenis yang melakukan pemotongan serta pembentukan terhadap material yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram secara abstark dan disimpan dimedia penyimpanan.

Milling CNC (Excel PMC-10T24) Dalam dunia fabrikasi mekanik, banyak jenis mesin yang dilibatkan di dalamnya, antara lain : mesin Milling,

mesin Turning (bubut), Mesin Gerinda, mesin Drill (bor), dan lain-lain. Kegunaannya yaitu :

1. Mesin Milling , Untuk membuat benda kerja dengan bentuk dasar balok
2. Mesin Turning, Untuk membuat benda kerja dengan bentuk dasar silindris
3. Mesin Drill , Untuk membuat lubang
4. Mesin Gerinda, Untuk menghaluskan permukaan benda kerja dan mencapai kepresisian

Mesin-mesin tersebut berdasarkan sistem operasinya dibagi menjadi 2 yaitu mesin. kenvensional dan mesin CNC. Mesin konvensional adalah mesin dimana pergerakan meja dan cutter dilakukan secara manual, menggunakan tangan melalui sebuah eretan. Mesin CNC adalah mesin (baik itu Milling ataupun Turning atau yang lainnya) dimana pergerakan meja dan cutter dikendalikan oleh suatu program (dengan menggunakan bahasa G-code). Dengan mesin CNC, akurasi dan kecepatan operasional mesin dapat diandalkan.

Dalam artikel ini akan kita bahas teori pengoperasian mesin Milling CNC dengan sistem control FANUC. CNC adalah kependekan dari *Computer Numerical Control.* Mesin Milling CNC adalah mesin milling dimana pergerakan meja mesin (sumbu X dan Y) serta spindle (rumah cutter) dikendalikan oleh suatu program. Program tersebut berisi langkah-langkah perintah yang harus dijalankan oleh mesin CNC. Program tersebut bisa dibuat langsung pada mesin CNC (huruf per huruf, angka per angka), yang hasil programnya disebut dengan program NC, atau dibuat menggunakan PC plus *software* khusus untuk membuat program NC. Program seperti ini disebut dengan CAM. Kelemahan pembuatan program NC dengan cara manual pada mesin CNC adalah waktu yang dibutuhkan sangat lama, akurasi tidak terjamin, mesin tidak bisa digunakan pada saat pembuatan program NC berlangsung, dan banyak lagi.

Sebelum kita memasuki pembahasan tentang mesin CNC, bab pertama yang harus Anda kuasai adalah bab Keselamatan Kerja.

H. Keselamatan Kerja

Sebelum mempelajari tentang proses permesinan dengan mesin CNC, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk menghindarkan hal-hal yang akan mengakibatkan kecelakaan kerja maupun kerusakan mesin.

- Gunakan pakaian kerja yang pas dibadan, jangan terlalu longgar, buang atau rapikan bagian-bagian pakaian yang menjuntai
- Gunakan selalu sepatu keselamatan (*safety shoe*)
- Gunakan kacamata pelindung ketika berhadapan dengan mesin yag sedang beroperasi
- Jangan terlalu dekat dengan meja mesin di saat Pergantian Tool Otomatis (*Auto Tool Change*) berlangsung.
- Jangan mengganti tool di *magazine tool* pada saat mesin beroperasi
- Jangan membersihkan *chip*, terutama yang berada di meja mesin pada saat mesin beroperasi
- Jangan membuka pintu panel (bagian belakang mesin) pada saat mesin sedang beroperasi
- Jangan menggunakan sumber arus yang cepat berubah seperti arus yang dipakai oleh mesin las di area yang berdekatan dengan mesin CNC.
- Apabila terjadi hal hal yang tidak diinginkan pada saat mesin sedang beroperasi, hentikan mesin segera dengan menekan tombol *Emergency Stop.*
- Hentikan putaran mesin dan pergerakan meja maupun *spindle* sebelum memasuki mesin untuk penggantian part mesin, pembersihan, ataupun penyesuaian.
- Matikan mesin sebelum melakukan perbaikan mesin
- Hindarkan sirkuit atau kabel yang terbuka tanpa pengaman.
- Bersihkan dinding *taper* (miring) pada bagian dalam *spindle arbor*. Hal ini harus benar benar diperhatikan agar keakurasian pemotongan cutter dapat terjamin
- Perhatikan pencekaman benda kerja. Jika benda kerja di cekam pada *fixture* ataupun pada meja mesin, pastikan pencekamannya kuat.
- Pengoperasian tombol panel. Jangan menekan tombol ataupun *switch* dengan memakai sarung tangan

- Jangan menyentuh *chips* dengan tangan telanjang, gunakan sarung tangan
- Jaga kebersihan lantai di sekitar mesin.
- Pastikan koridor/gang/jalan disekitar mesin bersih dari barang-barang yang menghalangi.
- Ingatkan rekan kerja soal keselamatan kerja dan kebersihan area kerja
- Pastikan hanya *operator* yang ditunjuk yang boleh mengoperasikan mesin.
- Jangan mengoperasikan mesin, kecuali yakin tidak akan membahayakan diri dan rekan kerja,
- Jangan meletakkan *tool* dan alat perlengkapan di dalam mesin yang sedang beroperasi.
- Kembalikan *tool* dan alat ke tempat semula setelah dipakai.
- Jangan menyentuh bagian mesin yang berputar.
- Jangan memposisikan anggota badan pada celah mesin pada saat mesin sedang beroperasi.
- Jangan membersihkan atau melumasi bagian mesin pada saat mesin sedang
- beroperasi.
- Jangan membersihkan bagian mesin yang berputar menggunakan kain lap.
- Jangan melepas label peringatan yang telah ditempelkan di mesin.
- Jangan memakai perhiasan saat mengoperasikan mesin, seperti cincin, gelang, kalung maupun sejenisnya.
- Mengerti, hafal dan paham akan aturan keselamatan kerja
- Biasakan berdoa sebelum bekerja

Pokok bahasan dalam artikel ini dibagi menjadi beberapa bagian :

1. Komponen-komponen mesin
2. Perawatan mesin
3. Tombol-tombol pada Control Panel

I. Komponen-komponen mesin

Meja mesin

Mesin milling CNC bisa bergerak dalam 2 sumbu yaitu sumbu X dan sumbu Y. Untuk masing-masing sumbunya, meja ini dilengkapi dengan motor penggerak, *ball screw plus bearing* dan *guide way slider* untuk akurasi pergerakannya. Untuk pelumasannya, beberapa mesin menggunakan minyak oli dengan jenis dan merk tertentu, dan beberapa mesin menggunakan *grease*. Pelumasan ini sangat penting untuk menjaga kehalusan pergerakan meja, dan menghindari kerusakan *ball screw*, *bearing* atau *guide way slider*. Untuk itu pemberian pelumas setiap hari wajib dilakukan kecuali mesin tidak digunakan. Meja ini bisa digerakkan secara manual dengan menggunakan *handle* eretan.



Gambar 4.12 Meja mesin

Spindle mesin

Spindle mesin merupakan bagian dari mesin yang menjadi rumah *cutter*. *Spindle* inilah yang mengatur putaran dan pergerakan cutter pada sumbu Z. *Spindle* inipun digerakkan oleh motor yang dilengkapi oleh transmisi berupa *belting* atau *kopling*. Seperti halnya meja mesin, *spindle* ini juga bisa digerakkan oleh *handle* eretan yang sama. Pelumasan untuk *spindle* ini biasanya ditangani oleh pembuat mesin. *Spindle* inilah yang memegang *arbor cutter* dengan batuan udara bertekanan.



Gambar 4.13 Spindle mesin

Magasin Tool

Satu program NC biasanya menggunakan lebih dari satu *tool*/*cutter* dalam satu operasi permesinan. Pertukaran *cutter* yang satu dengan yang lainnya dilakukan secara otomatis melalui perintah yang tertera pada program. Oleh karena itu harus ada tempat khusus untuk menyimpan *tool*-*tool* yang akan digunakan selama proses permesinan. Magasin *Tool* adalah tempat peletakkan tool/cutter standby yang akan digunakan dalam satu operasi permesinan. Magasin tersebut memiliki banyak slot untuk banyak *tool*, antara 8 sampai 24 slot tergantung jenis mesin CNC yang digunakan.

Monitor

Pada bagian depan mesin terdapat monitor yang menampilkan data-data mesin mulai dari *setting parameter*, posisi koordinat benda, pesan *error*, dan lain-lain.



Gambar 4.14 Monitor

Panel Control

Panel control adalah kumpulan tombol-tombol panel yang terdapat pada bagian depan mesin dan berfungsi untuk memberikan perintah-perintah khusus pada mesin, seperti memutar *spindle*, menggerakkan meja, mengubah *setting parameter*, dan lain-lain. Masing-masing

tombol ini harus diketahui dan dipahami betul oleh seorang CNC Setter



Gambar 4.15 Panel control

Coolant hose

Setiap mesin pasti dilengkapi dengan sistem pendinginan untuk *cutter* dan benda kerja. Yang paling umum digunakan yaitu air *coolant* dan udara bertekanan, melalui selang yang dipasang pada *blok spindle*.



Gambar 4.16 Coolant hose

J. Perawatan Mesin

Materi ini sangat penting untuk dipahami. Pelajari terlebih dahulu cara merawat mesin dengan benar, baru kemudian belajar cara pengoperasiannya. Bagian-bagian yang harus dirawat antara lain : Kebersihan bodi mesin, Pelumas *ball screw* meja, pelumas untuk silinder udara pada *spindle* (apabila ada), saringan udara pada dinding panel belakang, dan lain-lain.

1. Pelumas *Ball Screw*

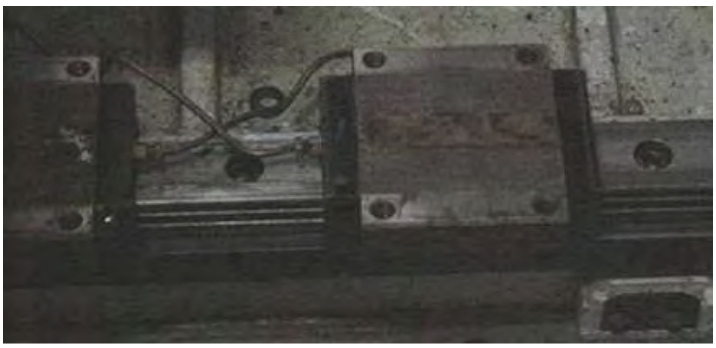
Beberapa mesin menggunakan oli sebagai pelumas, pelumas ini biasanya ditampung dalam tabung plastik yang ditempatkan di bagian belakang mesin. Tabung ini dilengkapi dengan sensor yang terhubung dengan mesin yang akan memberikan peringatan apabila jumlah oli sudah tidak mencukupi. Jumlah oli pelumas ini harus di periksa setiap hari dan ditambah apabila perlu . Jenis oli yang bisa digunakan antara lain Vactra Oil no 2, ESSO K68, Shell T68. Beberapa perusahaan menggunakan oli Hidrolik no 32, namun hal ini tidak dianjurkan. Satu hal yang juga sangat penting dilakukan terkait dengan pelumas ball screw ini adalah kepastian terdistribusikannya pelumas ini secara merata ke tempat-tempat yang seharusnya. Pelumas ini di distribusikan dari tabung belakang menuju meja mesin melalui pipa kecil dengan bantuan pompa. Apabila ada measalah dengan sistem distribusi, maka meja aka bergerak tanpa pelumas, akibatnya dalam waktu singkat ball screw akan rusak (aus, terbakar, dll), bearing akan hancur, dan biaya yang dikeluarkan untuk memperbaikinya akan sangat mahal. Pastikan bahwa pelumas terdistribusi dengan benar dengan cara membuka tutup meja secara periodik dan memeriksa apakah pelumas terdistribusi dengan benar. Lakukan pemeriksaan ini sebulan sekali. Gejala awal dari kerusakan *ball screw* atau bearing dapat dideteksi dari bunyi kasar yang dikeluarkan meja ketika meja digerakkan. Lakukan segera pemeriksaan apabila ini terjadi.



Gambar 4.17 (a) Ball Screw (b) Tabung pelumas

2. Pelumas *Guide way slider*

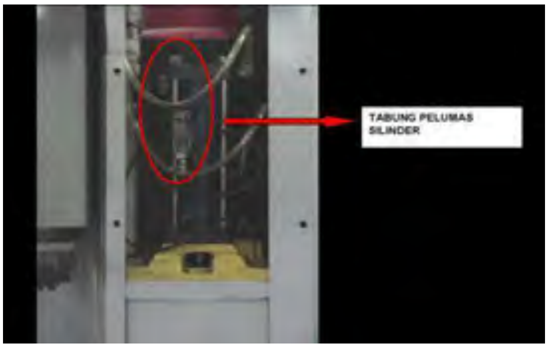
Mesin *Milling* CNC memiliki 4 buah *Guide way slider*, yaitu perangkat yang menyangga semua beban berat meja, dan membawa meja bergerak ke sumbu dan Y. *Guide way* ini bertanggung jawab atas akurasi pergerakkan meja dan kemulusan gerakannya. Hubungan antara *guide way*, rel landasan dan meja mesin adalah mutlak *sliding fit*, tidak diperkenankan adanya kelonggaran sedikitpun. Apabila itu terjadi, maka akurasi pergerakan akan melenceng jauh, dan bearing serta *ball screw* akan cepat rusak. Untuk menjaga konsistensinya, pergerakan *guide way* ini juga harus selalu dibantu oleh pelumas. Kebanyakan mesin menyatukan pelumas ini dengan pelumas pada *ball screw*. Tetapi ada beberapa mesin yang memisahkannya. Untuk tipe mesin ini Anda harus memeriksa distribusi pelumasan juga secara terpisah.



Gambar 4.18 Guide Way Slider

3. Pelumas untuk Silinder udara bertekanan pada proses *ATC (Auto Tool Change)*

Pada proses ganti tool secara otomatis, mesin menggunakan *pneumatic cylinder* yang dibantu udara bertekanan (angin) sebagai tenaganya. Udara bertekanan itu mendorong poros yang ada didalam *Cylinder* yang pada gilirannya akan mendorong tuas pada magasin untuk mengeluarkan tool. Untuk *cylinder* inipun dibutuhkan pelumas yang harus selalu kita periksa kecukupannya. Pelumas ini biasanya diletakkan pada tabung plastik kecil yang diletakkan di depan cylindernya. Meskipun pelumas untuk *cylinder* ini sangat awet, bisa bertahan sampai bertahun-tahun tanpa harus ditambah, tetapi pemeriksaan secara periodik tetap harus dilakukan untuk mengantisipasi kebocoran. Jenis pelumas untuk *cylinder* ini bisa menggunakan oli hidrolik no.32, oli yang sama yang biasa digunakan pada mesin jahit.



Gambar 4.19 Pelumas ATC Pneumatic Cylinder

4. Saringan udara panel belakang mesin.

Pada bagian belakang mesin terdapat panel tempat menyimpan perangkat keras mesin tersebut. Panel tersebut berisi kartu pengatur (untuk *spindle*, motor *servo*, *amplifier*), *relay* dan lain-lain. Pada saat mesin dihidupkan, hal ini akan meningkatkan suhu pada ruangan dalam, oleh karena itu pada pintu panel belakang biasanya dipasang satu *exhaust fan* yang menarik udara luar ke dalam ruangan panel selama mesin di hidupkan. Pada pintu *fan* ini di pasang *filter mat* untuk menyaring debu yang ikut tertarik, dan *filter* ini akan cepat sekali kotor tertutup debu (tergantung dari lingkungan ruangan mesin ditempatkan). Apabila *filter* ini tersumbat debu, *fan* akan gagal mendinginkan ruangan panel, dan akibatnya *hardware* dalam

ruangan panel akan mengalami *overheat* dan mengalami kerusakan. Bersihkan *filter fan* pada pintu ruangan panel belakang SETIAP HARI.



Gambar 4.20 Saringan udara panel masin

5. Tangki *Coolant*

Setiap mesin memiliki tangki khusus untuk penampungan *coolant* (pendingin) dengan kapasitas yang berbeda-beda, berkisar antara 200 hingga 700-an liter air, tergantung dari ukuran mesin. Alur yang terjadi pada proses pendinginan benda kerja oleh *coolant* adalah sebagai berikut : *coolant* pada tangki ditarik oleh pompa menuju *inlet* yang terpasang pada (biasanya blok *spindle* mesin) melalui selang fleksible. *Inlet* akan mengeluarkan *coolant* ke arah benda kerja atau *tool* (tergantung arah yang dinginkan *operator*) dengan kapasitas semburan yang bisa di atur. *Coolant* tersebut kemudian akan mengalir kembali ke dalam tangki *coolant* yang berada di bagian bawah mesin. Pada saat *coolant* kembali mengalir ke tangki penampungan, chip yang halus akan ikut terbawa masuk karena ukurannya yang kecil sehingga bisa masuk ke celah yang kecil dan berbobot cukup ringan sehingga mudah terbawa arus *coolant*. Tumpukan *chip* halus pada tangki *coolant* dalam jumlah banyak akan mengakibatkan tersumbatnya saluran keluar dari tangki menuju selang, dan akibatnya *coolant* tidak akan keluar dari *inlet*. Permesinan pada material logam HARUS SELALU

6. Menggunakan *Coolant*

Bersihkan tangki secara periodik (2 minggu sekali atau sebulan sekali, tergantung dari produktifitas mesin dan jenis material yang digunakan).



Gambar 4.21 Tanki Coolant

Selain perawatan rutin komponen di atas, kebersihan bodi mesin secara keseluruhan harus dijaga SETIAP HARI KERJA tanpa kecuali.

7. Tombol pada panel control

Panel kontrol adalah pusat pemerintahan dari mesin CNC. Dari panel kontrol inilah semua perintah pergerakan mesin dikeluarkan. Setiap *Setter* mutlak harus memahami semua fungsi dari panel kontrol.



Gambar 4.22 Panel Kontrol

Rangkuman

1. Pada pembuatan komponen instrument logam diperlukan pengerjaan dengan mesin yang memiliki kepresisian yang tinggi, hal ini dapat ditangani dengan pengerjaan menggunakan mesin CNC, baik bubut maupun frais .
2. Numerical Control / NC (berarti "kontrol numerik") merupakan sistem otomatisasi mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram secara abstrak dan disimpan dimedia penyimpanan. Kelebihan dari CNC machine lathe adalah mesin yang dikontrol dengan kode angka ini diantaranya adalah ,ter-sistem secara otomatis, Akurat & konsisten dan fleksibel, bahkan untuk proses manufacturing yang sangat rumit sekalipun.
3. C/CNC terdiri dari tiga bagian utama berupa Progam, Control Unit/Processor, Motor listrik servo untuk menggerakan kontrol pahat, Motor listrik untuk menggerakan/memutar pahat, Pahat, Dudukan dan pemegang.
4. Proses yang dapat dikerjakan dengan CNC diantaranya adalah Bubut diameter luar, Bubut diameter dalam / lubang, Cutting / chamfering (membentuk bidang miring), Grooving (membuat alur pada benda kerja), Membuat ulir dan melakukan pengeboran (Lubang bor harus pada sumbu benda kerja)

Evaluasi

A. Evaluasi Diri

PenilaianDiri					
Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampua siswa bersangkutan.					
No	**Aspek Evaluasi**	**Penilaian diri**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
A	**Sikap**				
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Memahami dasar CNC bubut				
2	Memahami dasar CNC ftais				
C	**Keterampilan**				
1	Dapat mengidentifikasi mesin CNC bubut				
2	Dapat mengidentifikasi mesin CNC bubut				

B. Review

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan benar

1. Apa yang di maksud dengan mesin CNC?
2. Sebutkan bagian – bagian utama dari NC/CNC?
3. Jelaskan prinsip kerja CNC secara sederhana?
4. Jelaskan fungsi dari saklar pada CNC?
5. Yang perlu diperhatikan pada pemograman mesin CNC adalah?
6. Sebutkan beberapa kode pada mesin CNC, dan jelaskan fungsinya?
7. Apa yang dimaksud mesin Frais CNC?
8. Apa yang dimaksud dengan mesin konvensional?
9. Apa yang dimaksud mesin Miling CNC?
10. Apa yang dimaksud dengan magasin tool?

C. Tugas Mandiri

Identifikasi Mesin CNC

TUGAS b

Lakukan kunjungan ke bengjel bubut atau industry yang menggunakan mesin bubut sebagai alat produksinya. Lakukan pengamatan oleh kalian terkait hal penerapan kesehatan dan keselamatan kerjanya.

Nama Bengkel : …………………………………………..

No	Uraian Pengamatan	Kesimpulan Pengamatan
1	Jenis mesin CNC bubut yang digunakan (Spesifikasi)	
2	Jumlah pekerja	
3	Jenis pekerjaan yang dilakukan oleh pembubutan CNC	
4	Peralatan K3 yang digunakan	
5	Peraturan K3 yang diterapkan	
6	Rambu K3 yang ada	
7	Kecelakaan kerja yang pernah terjadi	

Rubrik Penilaian

9. Indeks nilai kuantitatif dengan skala 1 – 4

10. KKM : Pengetahuan : $\geq$ 2.66 (Baik)
Keterampilan : $\geq$ 2.66 (Baik)
Sikap : $\geq$ 2.66(Baik)

11. Skor Siswa $= \frac{Skor}{Skor\ Tertinggi} x\ 4 = skor\ akhir$

12. Konversi klasifikasi nilai kualitatif :

Konversi nilai akhir		Predikat	Klasifikasi
Skala 1- 4	Skala 0–100		
4	86 -100	A	Sangat Terampil/ Sangat Baik
3.66	81- 85	A-	
3.33	76 – 80	B+	Terampil/ Baik
3.00	71-75	B	
2.66	66-70	B-	
2.33	61-65	C+	Cukup Terampil/ Cukup Baik
2	56-60	C	
1.66	51-55	C-	
1.33	46-50	D+	Kurang Terampil/ Kurang Baik
1	0-45	D	

PENILAIAN HASIL BELAJAR

Nama Siswa : ....

3. Penilaian Sikap					
Isilah kolom penilain berikut berdasar hasil observasi selama kegiatan belajar, dengan memberikan ceklis pada kolom yang sesuai					
No	**Aspek Penilaian**	**Nilai**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
	Jumlah Nilai				
	Rata Rata Nilai (Jumlah Nilai / 4)				

2. PenilaianPengetahuan		
Isilah kolom penilain berikut oleh Guru, berdasar hasil pemeriksaan jawaban evaluasi yang diberikan		
No.	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Review	

3. Penilaian Keterampilan		
Isilah kolom penilain berikut oleh Guru, berdasar hasil pemeriksaan jawaban evaluasi yang diberikan		
No.	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Tugas Mandiri	

Kesimpulan Penilaian		
No	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Sikap	
2	Pengetahuan	
3	Keterampilan	

Kesimpulan :
Siswa dinyatakan **Kompeten/Belum Kompeten***
dan **Dapat/Tidak Dapat**** Melanjutkan Ke Materi Berikutnya

Peserta sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan-alasan mengambil keputusan

........................., ...
Penilai

....

Saya sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan mengambil keputusan tersebut. **Umpan Balik Siswa:** **Tanda Tangan Siswa:**	Saya sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan mengambil keputusan tersebut. **Umpan Balik Orangtua/ wali siswa:** **Tanda Tangan Orangtua/ wali Siswa:** ....

*) Skala 4
**)Coret yang tidak perlu

BAB 5

KATA KUNCI:

- *Gerinda*
- *Pendingin*
- *Dressing*
- *Roda Gerinda*
- *Silinder Luar*
- *Silinder Dalam*
- *Menggerinda Tanpa Senter*

Mengoperasikan Mesin Gerinda pada Pembuatan Komponen Instrumen Logam

Deskripsi

Kemampuan menajamkan alat potong dengan mengasahnya dengan pasir atau batu telah ditemukan oleh manusia primitive sejak beberapa abad yang lalu. Alat pengikis digunakan untuk membuat batu gerinda pertama kali pada jaman besi, dan pada perkembangannya dibuat lebih bagus untuk proses penajaman. Di awal tahun 1900-an, penggerindaan mengalami perkembangan yang sangat cepat seiring dengan kemampuan manusia membuat butiran abrasive seperti silikon karbida dan aluminium karbida. Selanjutnya dikembangkan mesin pengasah yang lebih efektif yang disebut Mesin Gerinda. Mesin ini dapat mengikis permukaan logam dengan cepat dan mempunyai tingkat akurasi yang tinggi sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

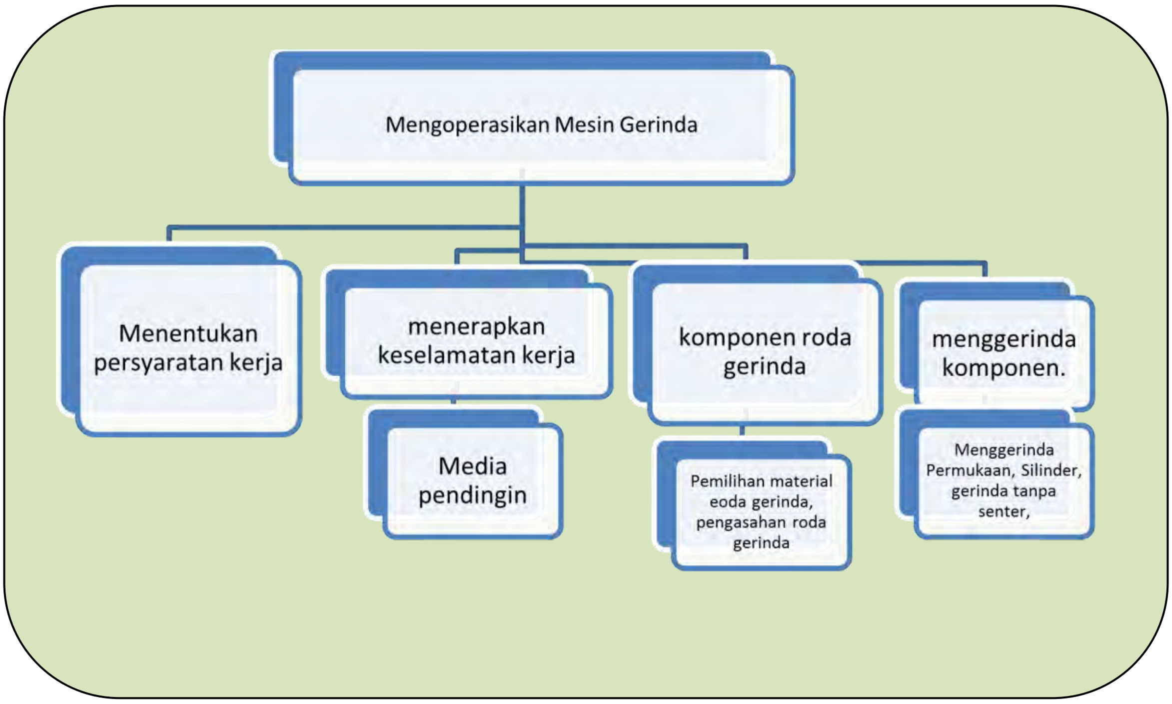
.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 5 ini, Kamu diharapkan dapat;

1. Mampu Menentukan persyaratan kerja
2. Mampu menerapkan keselamatan kerja
3. Mampu memilih dan menggunakan komponen roda gerinda berdasarkan jenis dan karakteristik pengerjaan komponen
4. memilih dan menggunakan operasi mesin gerinda yang sesuai jenis serta karakteristik pergerjaan komponen

Peta Konsep



Mengoperasikan Mesin Gerinda
Menentukan persyaratan kerja
menerapkan keselamatan kerja
Media pendingin
komponen roda gerinda
Pemilihan material eoda gerinda, pengasahan roda gerinda
menggerinda komponen.
Menggerinda Permukaan, Silinder, gerinda tanpa senter,

Rencana Belajar Siswa

Pada hari ini, ... tanggal ....tahun .... Guru beserta siswa merencanakan pelaksanaan kegiatan belajar sebagaimana tabel di bawah ini

No	Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Catatan Perubahan
1	Menentukan persyaratan kerja				
2	Menerapkan keselamatan kerja				
3	Memilih dan menggunakan komponen roda gerinda				
4	Menggunakan operasi mesin gerinda				

............................., ...

Guru	Orangtua/Wali Siswa	Siswa
....	....	....

Uraian Materi

Mengoperasikan Mesin gerinda pada Pembuatan Komponen Instrumen Logam

A. Menentukan Persyaratan Kerja

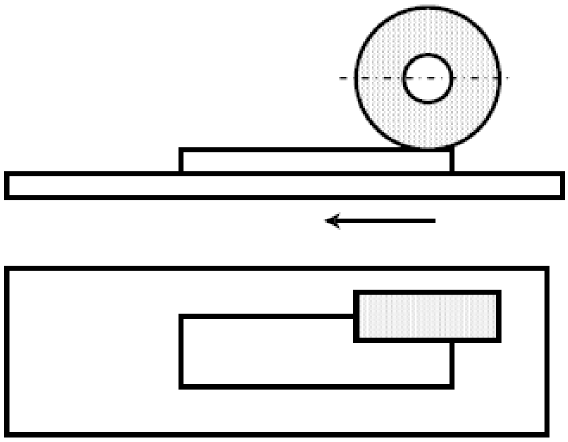
Bekerja dengan mesin gerinda prinsipnya sama dengan proses pemotongan benda kerja. Pisau atau alat potong gerinda adalah ribuan keping berbentuk pasir gerinda yang melekat menjadi keping roda gerinda. Proses penggerindaan dilakukan oleh keping roda gerinda yang berputar menggesek permukaan benda kerja. Sebelum menentukan langkah kerja gerinda, terlebih dahulu memahami gambar kerja dari benda yang akan digerinda. Pada gambar kerja, bagian yang akan digerinda sudah diberi simbol kehalusan permukaan dengan proses penggerindaan, Instruksi dari simbol tersebut menunjukkan penghalusan suatu permukaan dengan digerinda. Ukuran yang tertera pada gambar kerja merupakan ukuran benda jadi atau setelah digerinda, sehingga ukuran sebelumnya hasil kerja bubut atau frais pada bagian yang akan digerinda harus dilebihkan sedikit yaitu antara 0,1 - 0,3 mm. Kecepatan kerja dalam kerja gerinda bukan faktor utama, hasil akhir dalam bentuk dan ketepatan ukuran lebih diutamakan. Dua operasi penggerindaan yang akan dijelaskan adalah kerja gerinda permukaan dan kerja gerinda silinder luar dan dalam

Urutan kerja gerinda umumnya adalah sebagai berikut :

- Pemahaman gambar kerja
- Pencekaman benda kerja
- Pemeriksaaan air pendingin
- Pemeriksaan ketajaman roda gerinda
- Pengaturan putaran
- Penyetelan panjang langkah dan dalamnya pemakanan
- Pemeriksaan penggerindaan (jalan kosong)

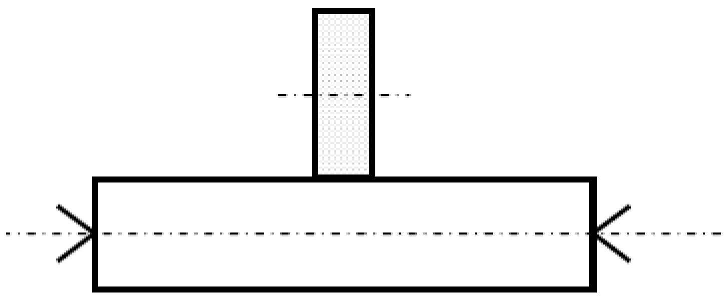
- Penggerindaan benda kerja
- Pemeriksaan hasil gerinda

Pencekaman benda kerja pada meja mesin untuk gerinda permukaan, biasanya dilakukan dengan magnit penarik. Letak benda kerja diusahakan sejajar memanjang meja mesin.



Gambar 5.1. Setting Penggerindaan datar

Pencekaman benda kerja silinder dilakukan dengan chuck atau kepala tetap seperti pada mesin bubut. Sedangkan untuk benda silinder panjang, menggunakan dua senter.



Gambar 5.2. Setting penggerindaan Silinder

Jarak pergeseran pemakanan setiap langkahnya ditentukan berdasarkan ketebalan roda gerindanya yaitu antara 2/3 – ¾ tebal roda gerinda untuk kerja kasar, ¼ - 1/3 untuk kerja menghaluskan, dan 1/10

– 1/5 untuk kerja halus sekali. Kedalaman pemotongan tiap langkah berkisar antara 0,0025 – 0,03 mm untuk pemotongan kasar, dan 0,002 – 0,005 mm untuk penghalusan (*finishing*)

B. Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja perlu mendapat perhatian, karena pada saat bekerja roda gerinda berputar sangat tinggi. Pecahnya roda gerinda akibat kesalahan operasi dan pemeriksaan kondisi roda gerinda yang tidak cermat dapat mencelakakan operator. Untuk itu pemakaian baju kerja termasuk kacamata kerja sangat diwajibkan. Selama roda gerinda berputar, posisi operator tidak boleh berada pada bidang perputaran roda gerinda. Beberapa langkah keselamatan kerja gerinda antara lain :

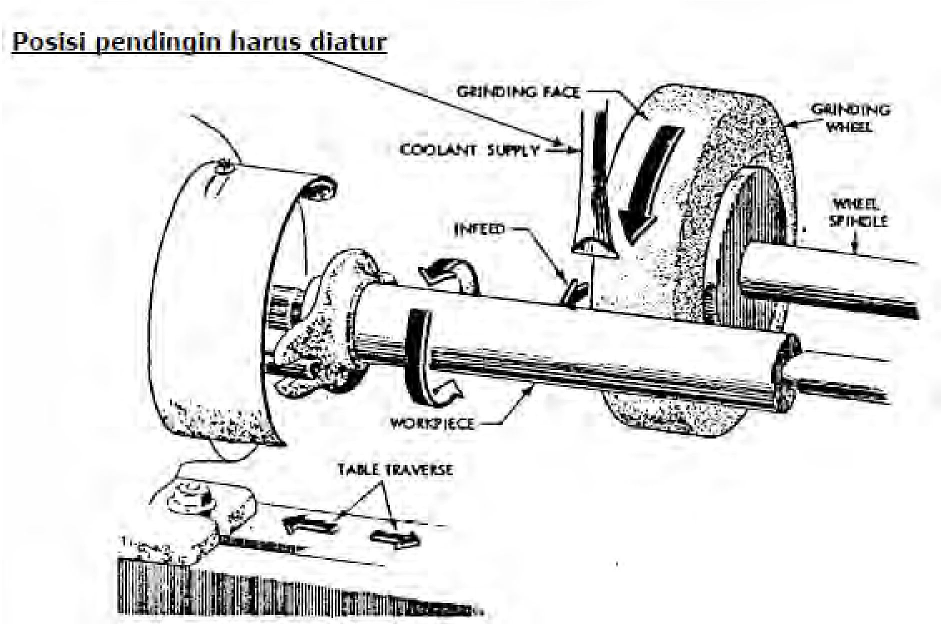
- Gunakan kacamata kerja setiap saat, meskipun sudah tersedia penutup kaca pada roda gerindanya.
- Selalu periksa kondisi roda gerinda dari keretakan. Ketuk roda gerinda dengan tangkai obeng, bila suaranya nyaring berarti baik, dan sember beararti ada keretakan
- Jaga kecepatan roda gerinda sesuai ketentuan tabel kecepatan pada mesin tersebut
- Pastikan benda kerja, kepala lepas, pencekam dan peralatan yang lain sudah pada posisi yang benar
- Gunakan roda gerinda sesuai dengan jenis kerja dan benda kerjanya
- Jangan memakankan (to feed) terlalu cepat, benda kerja antara dua senter kemungkinan akan tertekan dan dapat merusakkan benda kerja dan roda gerindanya
- Stop seluruh motor penggerak sebelum mengatur atau menyetel mesin gerinda
- Ketika mengasah roda gerinda (dressing / truing) pastikan intan pengasah terletak pada posisi yang kuat dan benar
- Jangan memeriksa dimensi (pengukuran) selama benda kerja sedang digerinda
- Ketika memasang atau menempatkan benda kerja, pastikan roda gerinda diundurkan atau dijauhkan agar tidak mengganggu pemasangan.

- Jangan gunakan pakaian kerja yang panjang dan terjurai, kalung, dan perhiasan lainnya yang memungkinkan jatuh atau tersangkut selama kerja gerinda
- Jangan tinggalkan mesin gerinda dalam keadaan hidup, pastikan mesin mati pada saat meninggalkan.

- **Media pendingin (coolant)**

Pendingin berbentuk cairan dalam penggerindaan mempunyai dua tujuan yaitu:

- Pendingin untuk menghilangkan atau meredam panas akibat gesekan gerinda dan benda kerja. Panas yang ditimbulkan dapat memuaikan permukaan benda bahkan memecahkan dalam bentuk guratan halus pada permukaan benda kerja.
- Pendingin untuk menghilangkan kotoran atau serbuk hasil penggerindaan (*chip*). Kotoran yang menempel dapat mengganggu ketajaman roda gerinda yang selanjutnya mempengaruhi hasil penggerindaan.



Gambar 5.3. Nosel pendingin pada kerja gerinda silinder

Pemeriksaan kelancaran pendingin selain campuran antara air dan larutan pendingin, termasuk pula memeriksa pompa dan pipa-pipa pendinginnya.

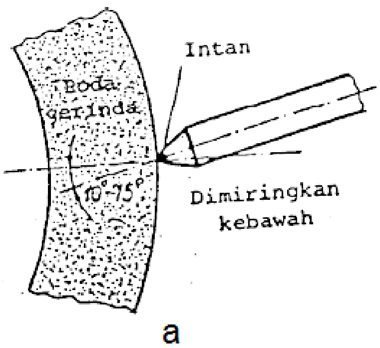
C. Komponen Roda Gerinda

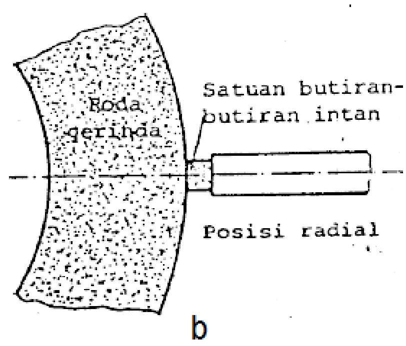
1. Pemilihan roda gerinda biasanya berdasarkan antara lain :

- Bahan dan kekerasan benda yang digerinda, untuk bahan dengan kekuatan tarik tinggi, digunakan roda gerinda dari Aluminium oksida. Bahan tersebut antara lain, Baja karbon, Besi tempa, Perunggu kenyal, Tungsten, Baja campuran , dll. Untuk bahan dengan kekuatan tarik rendah, yaitu Besi kelabu, Kuningan, Perunggu, Aluminium, tembaga, granite, dll. Gunakan roda gerinda Silicon carbida. Selain itu, gunakan roda gerinda keras untuk bahan yang lunak, dan roda gerinda lunak untuk bahan yang keras.
- Volume bahan yang digerinda, untuk volume bahan buangan yang besar gunakan roda gerinda yang berbutir besar dan kasar, termasuk bahan yang liat. Sedangkan roda gerinda berbutir halus digunakan untuk volume sedikit (tipis untuk finishing), termasuk bahan yang keras.
- Besarnya busur singgungan antara roda gerinda dan benda kerja, busur singgungan besar berarti luasan gesekan juga luas, maka roda gerinda cepat aus. Untuk itu gunakan roda gerinda lunak dengan butiran yang besar. Sedangkan untuk busur singgungan kecil atau sedikit, gunakan roda gerinda yang keras dengan butiran halus.

2. Pengasahan roda gerinda

Pengasahan (dressing) ditujukan untuk memperbarui permukaan roda gerinda agar ketajaman pemotongannya baik. Sedangkan truing ditujukan untuk meratakan permukaan roda gerinda. Agar hasil pengasahan baik, gunakan roda intan tunggal dan arahkan 10 – 15 derajat kebawah dari sumbu horizontal roda gerinda. Untuk roda intan butiran yang dibentuk menjadi satu, arahkan pada titik pusat roda gerinda.



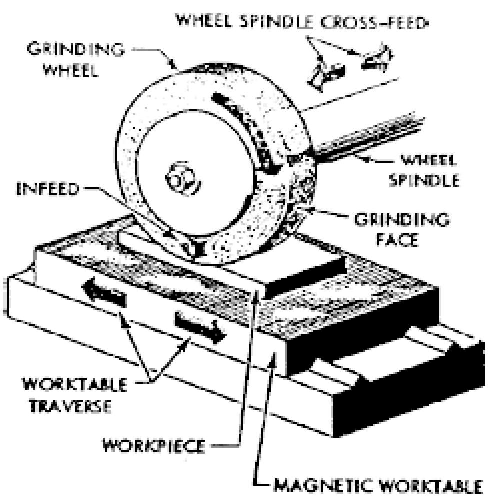


Gambar 5.4. a) Pengasah dari intan tunggal b) terbentuk dari butiran intan

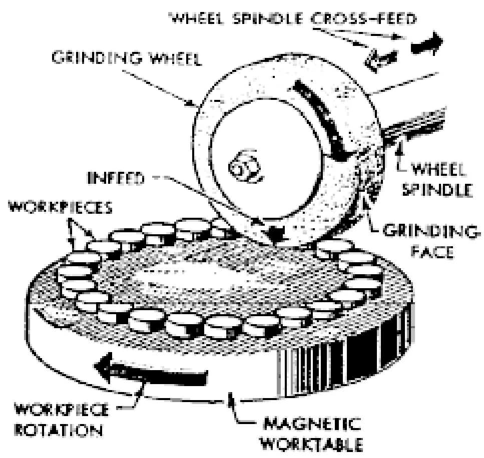
D. Menggerinda Komponen

Proses menggerinda benda kerja/komponen yang umum dilakukan

1. Menggerinda Permukaan, adalah mengerjakan penggerindaan pada permukaan yang lurus. Jenis gerinda permukaan antara lain
   - Memotong atau menipiskan permukaan yang panjang dan gerinda bentuk. Benda kerja diletakkan pada meja mesin yang diikat dengan magnit. Roda gerinda dipasang pada poros yang letaknya horizontal. Pamakanannya bergerak menurun dan diatur antara 1/1000 sampai 5/100 mm setiap gerak pemakanannya.

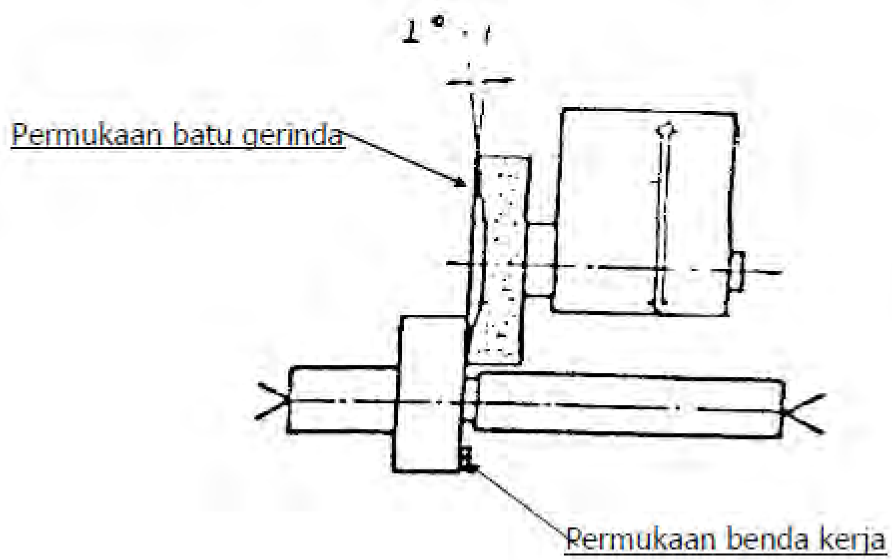


Gambar 5.6. Gerinda permukaan dengan gerak meja translasi



Gambar 5.7. Gerinda permukaan dengan gerak meja rotasi

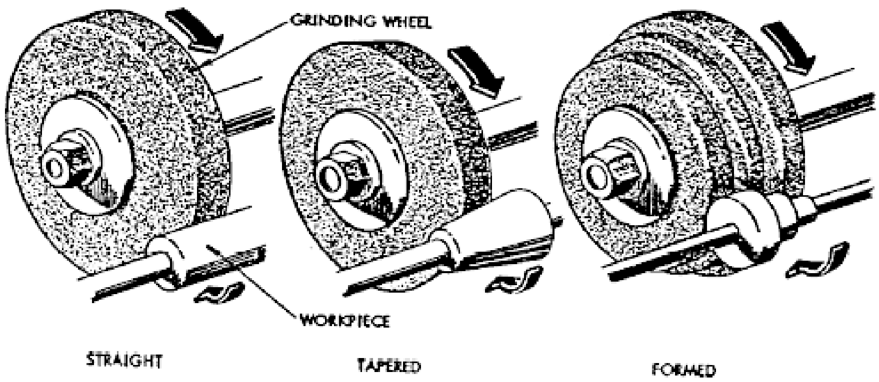
- Gerinda permukaan lainnya adalah menggerinda benda kerja yang dipasang pada kepala tetap (cekam), dan diantara dua senter. Untuk benda kerja yang dijepit antara dua senter, dapat menggunakan permukaan depan roda gerinda. Agar permukaan benda kerja rata, permukaan depan roda gerinda di truing minimum 1 derajat kearah pusat sumbu.



Gambar 5.8. Gerinda permukaan sisi melintang benda kerja

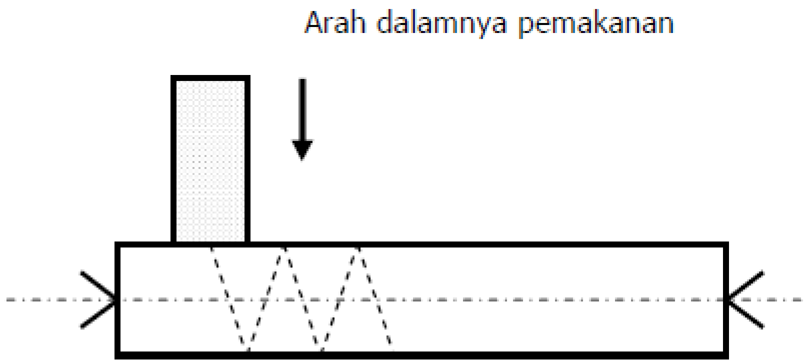
2. Menggerinda Silinder

a. Menggerinda silinder luar, dilakukan dengan gerak memanjang untuk benda kerja panjang, dan gerak tegak lurus untuk benda yang tebalnya tidak melebihi tebal roda gerinda. Gerak tegak lurus juga dilakukan untuk gerinda bentuk.

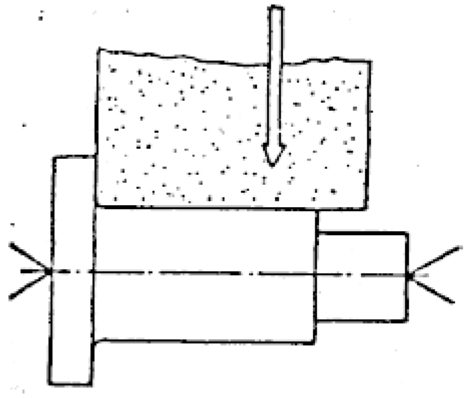


Gambar 5.9. Gerinda silinder luar benda kerja ,
rata, tirus dan bertingkat

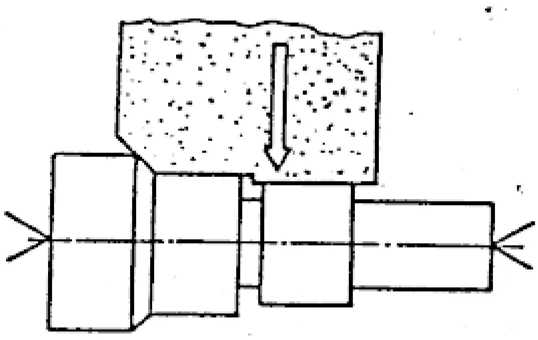
Pada gerak memanjang, alur jalannya roda gerinda dapat dilihat seperti gambar di bawah ini,



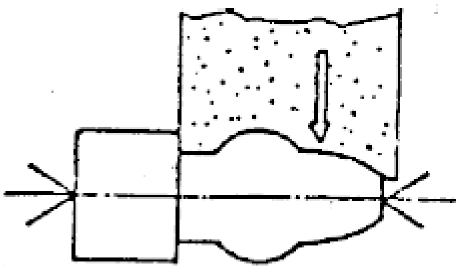
Selain gerak memanjang, gerinda permukaan juga mengenal gerak tegak lurus dan gerinda bentuk, lihat gambar di bawah ini.



Gambar 5.10 Gerinda silinder tegak lurus

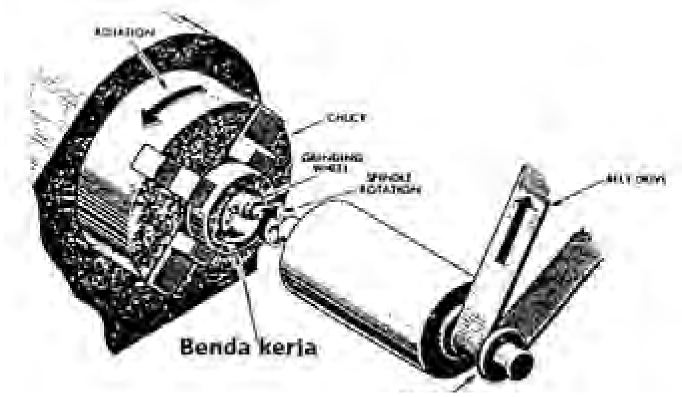


Gambar 5.11 Gerinda silinder bentuk bertingkat

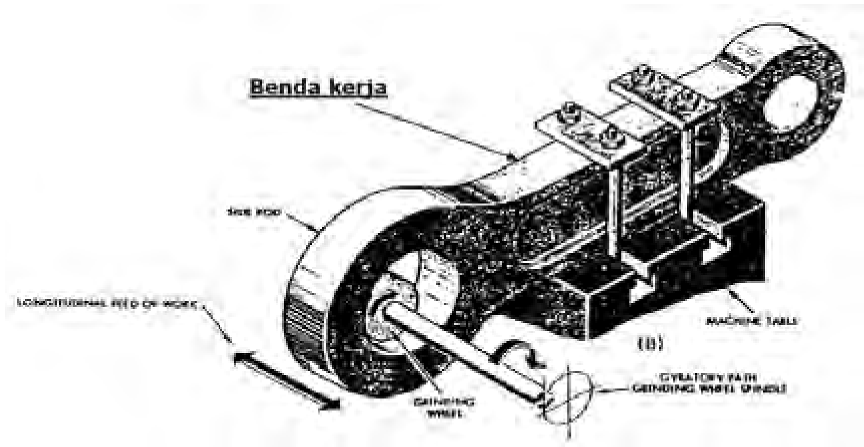


Gambar 5.12. Gerinda silinder bentuk kurva

b. Menggerinda silinder dalam, dilakukan sesuai posisi benda kerja, yaitu benda kerja dapat berputar misalnya bentuk ring, pelana (bush), dan benda kerja tidak dapat berputar, misal bentuk jig dan dies.



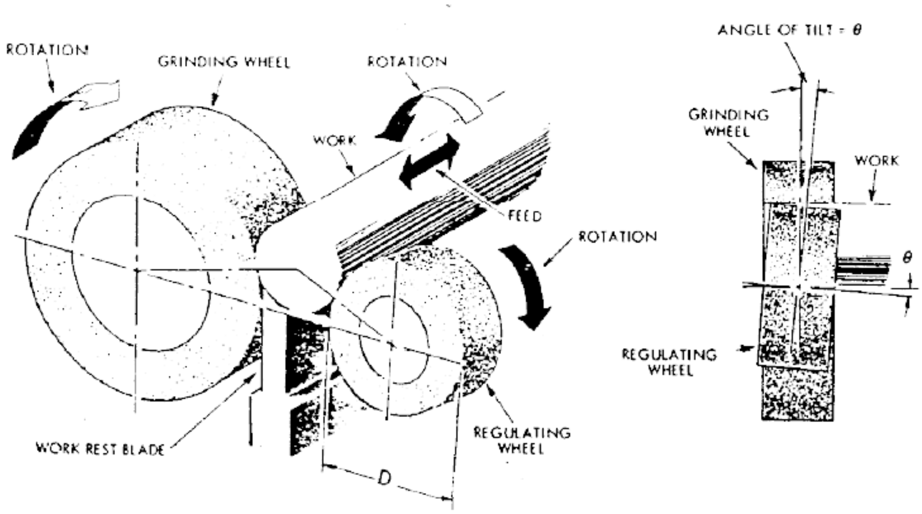
Gambar 5.13. Gerinda silinder dalam, benda kerja berputar



Gambar 5.14: Gerinda silinder dalam, benda kerja tetap, pisau berputar

E. Menggerinda Tanpa Senter

Menggerinda tanpa senter digunakan untuk produk masal. Benda kerja dijepit antara dua gerinda yang berhadapan dan ditahan oleh penyangga.



Gambar 5.15 Gerinda benda kerja tanpa senter (perhatikan sudut kemiringan roda gerinda pengatur / kecil)

Rangkuman

1. Kerja gerinda adalah kerja finishing atau penghalusan permukaan dengan tuntutan kepresisian tinggi. Langka kerja ditentukan berdasarkan informasi gambar kerja sedang pergeseran pemakanan ditentukan berdasarkan tebal roda gerinda, untuk Kedalaman pemakanan berkisar antara 0,001 – 0,005 mm. Pencekaman benda kerja dengan magnit untuk gerinda permukaan, chuck dan kepala lepas untuk gerinda silinder.
2. Pendingin diperlukan untuk meredam suhu dan membersihkan kotoran selama proses penggerindaan pada saat putaran roda gerinda yang sangat tinggi memerlukan langkah keselamatan kerja yang lebih baik. Persyaratan kerja berhubungan dengan kinerja dan spesifikasi mesin gerinda yang tersedia.
3. Memilih roda gerinda berdasarkan kekerasan bahan yang digerinda, volume bahan yang digerinda, dan besarnya busur singgungan antara roda gerinda dan benda kerja. Pengasahan roda gerinda diperlukan agar hasil gerindanya sesuai dengan desain yang diinginkan.
4. Gerinda permukaan dilakukan dengan penjepitan magnit. Letak benda kerja sebaiknya memanjang sesuai meja mesin gerinda silinder dilakukan dengan penjepitan cekam dan senter, sedangkan silinder dalam dilakukan sesuai posisi benda kerjanya. Gerinda tanpa senter dilakukan untuk produk masal.

Renungan dan Refleksi

Berbagai pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki manusia memungkinkan manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup telah membawa berbagai kemajuan peradaban, akan tetapi ilmu yang disalah gunakan akan merusak kehidupan itu sendiri.

Penguasaan teknologi pembuatan komponen instrumen logam dengan menggunakan mesin frais diharapkan mampu digunakan sebagai bekal untuk bersaing didunia kerja.

Setelah mempelajari materi operasi mesin gerinda pada pembuatan komponen instrumen logam ini, kamu seharusnya sadar bahwa penguasaan teknologi merupakan bekal hidup didunia, karenanya sebagai rasa syukur kepada Pencipta Kamu hendaknya belajar untuk dapat menguasai berbagai macam teknologi untuk kemaslatan umat.

Evaluasi

A. Evaluasi Diri

PenilaianDiri					
Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampua siswa bersangkutan.					
No	**Aspek Evaluasi**	**Penilaian diri**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
A	**Sikap**				
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Saya mampu menentukan persyaratan kerja pada mesin gerinda				
2	Saya mampu menerapkan keselamatan kerja mesin gerinda				
3	Saya memahami karakteristik mesin gerinda				
C	**Keterampilan**				
1	Saya mampu memilih dan menggunakan komponen roda gerinda				
2	Saya mampu melakukan pergerjaan komponen instrument logam menggunakan mesin gerinda				

B. Review

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan benar

1. Jelaskan yang dimaksud pisau/alat potong gerinda !
2. Sebutkan urutan kerja gerinda!
3. Jelaskan bagaimana Jarak pergeseran pemakanan setiap langkahnya pada operasi mesin gerinda !
4. Sebutkan langkah-langkah keselamatan kerja gerinda !
5. Jelaskan kriteria dalam pemilihan batu gerinda !

C. Tugas Mandiri

Tugas 1:

Seorang siswa diminta untuk mengganti roda gerinda dengan label/identitas RG 38 A 36 L 5 V BE supaya tidak salah dalam pemasangan/penggantian maka siswa yang bersangkutan terlebih dahulu mengerti makna dari label/identitas yang dimaksud, Diskusikan arti label tersebut.

Tugas 2:

1) Lakukan persiapan untuk menggerinda permukaan, silinder, dan tanpa senter!
2) Urutkan langkah kerjanya!
3) Kerjakan penggerindaan seperti gambar kerjanya

LEMBAR KERJA

1. Alat dan Bahan

1) Mesin Gerinda
2) Alat bantu gerinda (dalam satu kotak alat)
3) Alat tulis

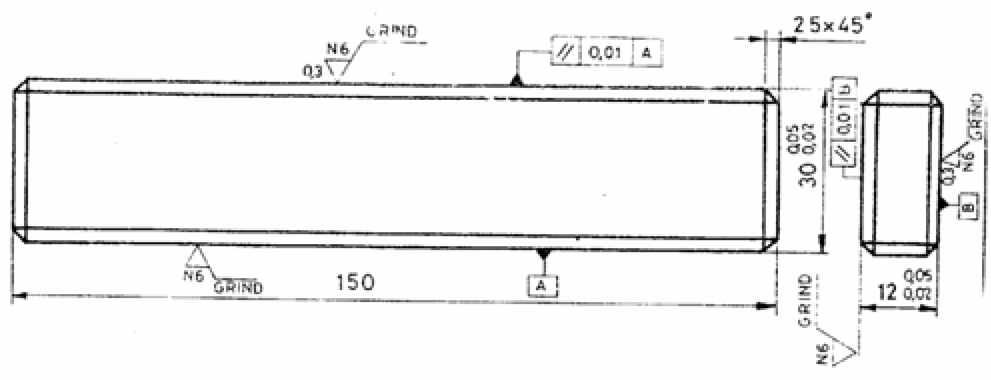
2. Keselamatan Kerja

1) Gunakan pakaian praktek dan alat keselamatan kerja
2) Ikuti langkah kerja yang telah disusun
3) Jangan bertindak diluar prosedur yang telah ditetapkan

3. Langkah Kerja

1) Siapkan peralatan yang diperlukan, termasuk peminjaman alat
2) Hindari pemakanan yang terlalu besar
3) Periksa hasil gerindanya
4) Laporkan hasil kerja gerinda ke guru pembimbing

4. Gambar Kerja



LEMBAR PENILAIAN

Nama Job : GERINDA PERMUKAAN SILINDER
Nama Siswa : ....
Nomor Siswa : ....

Bobot	Evaluasi	Rentang Skor	Skor	Jumlah
20 %	**Proses**			
	1. Pemasangan alat	1-5		
	2. Prosedur	1-5		
	3. Keselamatan kerja	1-5		
	4. Perawatan alat	1-5		
70 %	**Hasil Gerinda**			
	1. Diameter 25 f7 **)	60		
	2. Kehalusan	5-15		
	3. Kerataan	5-15		
10 %	**Waktu**			
	1. Sesuai alokasi waktu	8		
	2. Lebih cepat	10		
	3. Lebih lambat	6		
100 %	**Total Skor**			

Kategori kelulusan:
70 – 79 : Memenuhi kriteria minimal. Dapat bekerja dengan bimbingan.
80 – 89 : Memenuhi kriteria minimal. Dapat bekerja tanpa bimbingan.
90 – 100 : Di atas kriteria minimal. Dapat bekerja tanpa bimbingan.

D. Penilaian

Penilaian dilakukan terhadap 3 kriteria, yaitu sikap, keterampilan dan pengetahuan.

7. Nilai sikap diperoleh dari observasi selama kegiatan belajar
8. Nilai pengetahuan diperoleh dari hasil pemeriksaan jawaban tugas evaluasi (Review) yang diberikan.
9. Nilai keterampilan diperoleh dari hasil unjuk kerja tugas proyek yang dilaksanakan siswa.

Rubrik Penilaian

13.Indeks nilai kuantitatif dengan skala 1 – 4

14.KKM : Pengetahuan : $\geq$ 2.66 (Baik)
Keterampilan : $\geq$ 2.66 (Baik)
Sikap : $\geq$ 2.66(Baik)

15. Skor Siswa $= \frac{Skor}{Skor\ Tertinggi} x\ 4 = skor\ akhir$

16.Konversi klasifikasi nilai kualitatif :

Konversi nilai akhir		Predikat	Klasifikasi
Skala 1- 4	Skala 0–100		
4	86 -100	A	Sangat Terampil/ Sangat Baik
3.66	81- 85	A-	
3.33	76 – 80	B+	Terampil/ Baik
3.00	71-75	B	
2.66	66-70	B-	
2.33	61-65	C+	Cukup Terampil/ Cukup Baik
2	56-60	C	
1.66	51-55	C-	
1.33	46-50	D+	Kurang Terampil/ Kurang Baik
1	0-45	D	

PENILAIAN HASIL BELAJAR

Nama Siswa : ....

4. Penilaian Sikap					
Isilah kolom penilain berikut berdasar hasil observasi selama kegiatan belajar, dengan memberikan ceklis pada kolom yang sesuai					
No	**Aspek Penilaian**	**Nilai**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
	Jumlah Nilai				
	Rata Rata Nilai (Jumlah Nilai / 4)				

2. PenilaianPengetahuan		
Isilah kolom penilain berikut oleh Guru, berdasar hasil pemeriksaan jawaban evaluasi yang diberikan		
No.	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Review	

3. Penilaian Keterampilan		
Isilah kolom penilain berikut oleh Guru, berdasar hasil pemeriksaan jawaban evaluasi yang diberikan		
No.	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Tugas Mandiri	

Kesimpulan Penilaian		
No	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Sikap	
2	Pengetahuan	
3	Keterampilan	

Kesimpulan :
Siswa dinyatakan **Kompeten/Belum Kompeten***
dan **Dapat/Tidak Dapat**** Melanjutkan Ke Materi Berikutnya

Peserta sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan-alasan mengambil keputusan

........................., ...
Penilai

....

Saya sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan mengambil keputusan tersebut. **Umpan Balik Siswa:** **Tanda Tangan Siswa:**	Saya sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan mengambil keputusan tersebut. **Umpan Balik Orangtua/ wali siswa:** **Tanda Tangan Orangtua/ wali Siswa:** ....

*) Skala 4
**)Coret yang tidak perlu

Daftar Pustaka

Alois SCHONMETZ. (1985). *Pengerjaan Logam Dengan Perkakas Tangan dan Mesin Sederhana.* Bandung: Angkasa.

Bradbury, "Dasar Metalurgi Untuk Rekasasawan" PT. Gramedia Pustaka Utama. 1997

B.H. Amstead, Bambang Priambodo. (1995). *Teknologi Mekanik Jilid 2.* Jakarta: Erlangga

C. van Terheijden, Harun. (1994). *Alat-alat Perkakas 3*. Bandung: Binacipta.

Darma, Edifrizal, 2011. Prisip dasar Statika I. Pusat Pengembangan Bahan Ajar,Universitas Mercu Buana.

Daryanto.1987, *Mesin Perkakas Bengkel*, Jakarta: PT Rineka Cipta

Dietzel, F., 1993.*Turbin, Pompa dan Kompresor* , Jakarta Erlangga.

Djaprie, Sriati. "Teknologi Mekanik" jilid 1 Erlangga, Jakarta. 1992

Hantoro, Sirod dan Parjono. 2005, *Menggambar Mesin*. Jakarta: Adicita.

Harapan Utama. 2000. *Materi Pengajaran AutoCAD 2000*. Semarang: Lembaga Keterampilan Komputer Harapan Utama.

John Ridley, 2008. Kesehatan dan Keselamatan Kerja Ikhtisar, Jakarta: Penerbit Erlangga

Juhana, Ohan dan M. Suratman. 2000,Menggambar Teknik Mesin.Bandung: Pustaka Grafika.

Lilih Dwi P. 2001. *Buku CNC Milling* – TU 2A (Mesin Bubut Dasar). Laboratorium CNC – BLPT Surabaya.

Lilih Dwi P. 2001. *Buku CNC Milling* – TU 3A (Mesin Freis Dasar). Laboratorium CNC – BLPT Surabaya.

Poerwanto, Juliza Hidayati dan Anizar, 2008, Instrumentasi dan Alat Ukur, Graha Ilmu, Yogyakarta

Popov, E.P. *Mekanika Teknik*. Terjemahan Zainul Astamar. Penerbit Erlangga. Jakarta. 1984.

Rohyana Solih Drs."Pengetahuan & Pengolahan Bahan".Humoria Utama Press: Bandung, 1995.

Sardjono, 1985. Himpunan soal-soal dan penyelesaian, Mekanika Teknik Statis Tertentu: Surabaya.

Sama'murPK. 1987, Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan, Jakarta:PT Saksama

Silalahi, Bernnet NB. 1995. *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: PT Pustaka Binaman Pressindo

Soewito. Hadi. 1992. *Pengetahuan Dasar Mesin CNC*. Bandung. Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi Bandung Sularso, 1995. Elemen Mesin. Jakarta: Pradnya Paramitha

Sularso dan Tahara, H., 2000. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta Pradnya Paramita.

Sumbodo. Wirawan. 2004. *Dasar-dasar Sistem Pneuamtik/Hydrolik*. Semarang. Unnes

Sumakmur PK. 1996. *Keselamatan Kerja & Pencegahan Kecelakaan*. Jakarta: PT. Gunung Agung

Suparman, 1985. Mekanika Teknik I. Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.

.Wahana Komputer. 2002. *Menguasai AutoCAD 2002*. Jakarta. Salemba Infotek.

Wesli. 2010. Mekanika Rekayasa. Graha Ilmu: Yogyakarta.

J.J.M. Hollebrandse. Soedjono. 1988. *Teknik Pemrograman Dan Aplikasi CNC*. Jakarta, PT Rosda Jayaputra.